

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Совершенствование системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия</b>

УДК 628.31.034.2:622.342

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1ЕЗ1	Тарутина Оксана Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

Томск – 2018 г.

**Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01  
Техносферная безопасность**

<b>Код результ ата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</b>
<b>Общие по направлению подготовки</b>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
<b>Профиль</b>		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф. стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ А.Н. Вторушина  
05.02.2018 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е31	Тарутиной Оксане Николаевне

Тема работы:

**Совершенствование системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод  
золотодобывающего предприятия.**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2018 г. № 436/с
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.05.2018 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Станция биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Аналитический обзор литературных источников с целью установления наилучшего способа очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Исследование существующей системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, установленной на золотодобывающем предприятии. Предложения по модернизации системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	05.02.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Ларионова Екатерина Владимировна	к.х.н.		05.02.2018 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
З-1Е31	Тарутина Оксана Николаевна		05.02.2018 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
Уровень образования Бакалавриат  
Отделение контроля и диагностики  
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2018 г.	Составление и утверждение технического задания на тему. Постановка целей и задач.	20
26.03.2018 г.	Аналитический обзор литературных источников с целью установления наилучшего способа очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.	10
09.04.2018 г.	Исследование существующей системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, установленной на золотодобывающем предприятии.	25
23.04.2018 г.	Обработка и анализ полученных данных и предложение рекомендаций по модернизации системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.	15
07.05.2018 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
21.05.2018 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		05.02.2018

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		05.02.2018

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1Е31	Тарутиной Оксана Николаевна

Тема: Совершенствование системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Контроля и диагностики</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	20.03.01 Техносферная безопасность

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в электронных ресурсах компаний.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Изучение сегмента рынка -Анализ конкурентных технических решений -Технология QuaD -SWOT-анализ
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	- Расчет экономической эффективности
3. Планирование научно-исследовательских работ. Разработка графика проведения научного исследования	- Построение графика научного исследования

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	Кандидат экономических наук, доцент		

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1Е31	Тарутина Оксана Николаевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1Е31	Тарутиной Оксана Николаевна

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Контроля и диагностики</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	20.03.01 Техносферная безопасность

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Система очистки хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия
--	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	1.1. Анализ выявленных вредных производственных факторов (повышенная загазованность воздуха рабочей зоны, отклонения показателей микроклимата, отсутствие или недостаток естественного света, повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации) 1.2. Анализ выявленных опасных производственных факторов (механический фактор, электрический ток)
2. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия рассматриваемого предприятия на атмосферу.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	3.1. Выбор наиболее типичной ЧС 3.2. Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Специальные правовые нормы трудового законодательства

### Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1Е31	Тарутина Оксана Николаевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 92 страницы, 33 рисунка, 14 таблиц, 48 источников.

Ключевые слова: очистка сточных вод, золотодобывающее предприятие, хозяйственно-бытовые сточные воды.

Объектом исследования является система очистки хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия.

Цель работы – модернизация системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия.

В процессе исследования проводились обзор литературных источников по данной проблеме, анализ существующей системы очистки, выявление потребности в модернизации системы очистки, предложения по ее улучшению.

В результате исследования проанализирована существующая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, было предложено рациональное решение по улучшению очистки.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: установка шнековой решетки, метод с анаэробной обработкой оборотного рециркулируемого активного ила с эффективностью очистки порядка 90%.



## **Список сокращений**

ЧС – чрезвычайная ситуация;

АЗС – автомобильная заправочная станция;

ПАА – полиакриламид;

БПК – биологическое потребление кислорода;

ХПК – химическое потребление кислорода;

КНС – канализационная насосная станция;

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота;

РНК – рибонуклеиновая кислота;

ФАО – фосфатаккумулялирующие организмы;

РВО – решетка винтовая отжимая (шнековая);

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ГОСТ – государственный стандарт;

ГН – гигиенический норматив;

СНиП – санитарные нормы и правила.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	12
1. Обзор современных способов очистки сточных вод.....	13
1.1 Сточные воды и их виды.....	13
1.2 Методы механической очистки сточных вод.....	15
1.3 Методы физико-химической очистки сточных вод .....	32
1.4 Методы химической очистки сточных вод .....	37
1.5 Методы термической очистки сточных вод.....	38
1.6 Методы биохимической очистки сточных вод.....	39
Выводы по первой главе.....	45
2. СУЩЕСТВУЮЩАЯ СХЕМА ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД.....	47
2.1 Состав блочно-модульной установки очистки хозяйственно-бытовых сточных вод .....	47
2.2 Технологическая схема очистки сточных хозяйственно-бытовых сточных вод на блочно-модульной установке .....	50
3. МОДЕРНИЗАЦИЯ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД .....	57
3.1 Описание существующей проблемы.....	57
3.2 Выбор оборудования и разработка схемы очистки сточных вод от фосфатов .....	62
3.2.1 Выбор решетки для грубой очистки сточных вод.....	62
3.2.2 Выбор рациональной схемы для эффективной очистки сточных вод от фосфатов.....	64
3.3 Описание модернизированной схемы очистки сточных вод .....	64
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	67
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	67
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	67
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	68
4.1.3 Технология QuaD .....	71

4.1.4 SWOT-анализ .....	73
4.2 Определение возможных альтернатив поведения научных исследований .....	78
4.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	80
4.3.1 - Разработка графика проведения научного исследования .....	80
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	83
Введение.....	83
5.1 Производственная безопасность .....	83
5.1.1 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего .....	85
5.1.2 Опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой.....	87
5.1.3 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей .....	88
5.1.4 Электробезопасность.....	90
5.1.5 Пожарная безопасность.....	91
5.2 Экологическая безопасность.....	92
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	92
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	97

## **Введение**

Проблема охраны окружающей среды на сегодняшний день требует ускоренного внедрения высокоэффективных систем защиты водоемов от загрязнений.

Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные объекты и подземные водоносные горизонты является очень распространенной практикой, пагубно влияющей на состояние окружающей среды.

Недостаточная степень очистки сточных вод ограничивает возможности использования их для технического водоснабжения промышленных предприятий и сельскохозяйственных объектов, а загрязнение водоема, в который производится сброс сточных вод, отрицательно сказывается на жизнедеятельности гидробионтов.

Целью ВКР является модернизация системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия.

Основные задачи ВКР:

- проанализировать современные способы очистки сточных вод;
- изучить существующую схему очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на предприятии;
- предложить модернизацию существующей схемы хозяйственно-бытовых сточных вод с увеличения эффективности очистки.

# **1. Обзор современных способов очистки сточных вод**

## **1.1 Сточные воды и их виды**

Сточные воды представляют собой совокупность различных по происхождению, составу и физико-химическим свойствам воды, образующиеся в процессе хозяйственной и производственной деятельности человека. При этом вода загрязняется, и ее физико-химические свойства меняются. Сточные воды разнообразны по составу и, следовательно, по своим свойствам.

В зависимости от их происхождения различают три основные категории сточных вод:

- хозяйственно-бытовые;
- производственные;
- атмосферные.

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в жилых, административных и коммунальных (бани, прачечные и т.д.) домах, а также в бытовых помещениях промышленных предприятий. Они содержат физиологические выделения людей, а также хозяйственные отходы: остатки продуктов питания, песок, мыло и моющие средства, ткань, бумага и тому подобное. Особенностью хозяйственно-бытовых сточных вод является относительное постоянство их состава, что обусловлено сходством физиологии человека и его хозяйственной деятельности.

Образование производственных сточных вод происходит в процессе производства тех или иных товаров, продукции, технологических операций и т.д. Качественный и количественный состав таких сточных вод достаточно разнообразен, что в свою очередь зависит от применяемого сырья и технологических процессов.

Загрязнения, характерные для производственных сточных вод, условно разделяют на пять категорий:

- биологически нестойкие органические соединения;

- малотоксичные органические соли;
- нефтепродукты;
- биогенные соединения;
- вещества со специфическими токсичными свойствами, в том числе тяжелые металлы, а также неразлагающиеся биологически жесткие органические синтетические соединения.

Атмосферные образуются в процессе выпадения дождей, таяния льда и снега, как на жилой территории, так и на территории различных промышленных предприятий, АЗС и т.д.

Таким образом, сброс сточных вод в систему городской канализации требует их предварительной очистки и регламентируется правилами приёма производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов.

Разнообразие промышленных сточных вод и находящихся в них примесей значительно усложняет выбор оптимального выбора очистки воды. Промышленные воды имеют ряд специфических особенностей:

- неравномерность поступления сточных вод по расходу и концентрации;
- присутствие трудноокисляемых токсичных примесей, а также специфических веществ, ингибирующих процессы очистки;
- присутствие сильно концентрированных или слабokonцентрированных загрязнений, преимущественно органического происхождения;
- высокая неравномерность температуры [6].

Выделяют два основных пути очистки сточных вод: разбавление сточных вод и очистка их от загрязнений. Разбавление представляет собой паллиативную меру, которая не ликвидирует воздействия сточных вод, а лишь ослабляет его на локальном участке водоема. Основной путь - очистка сточных вод от загрязнений.

Для очистки сточных вод применяются механические, физико-химические, биологические, биохимические и термические методы. По своей

сути эти методы могут быть рекуперационными и деструктивными. Первые предусматривают извлечение из сточных вод всех ценных веществ и последующую их переработку, а вторые - разрушение загрязняющих веществ путем их окисления или восстановления, в результате чего образуются газы или осадки [1].

*Таблица 1 – Классификация методов защиты водных объектов от загрязнения сточными водами*

Методы очистки	Процессы
Механическая	Процеживание, отстаивание, фильтрование, центробежные процессы
Физико-химическая	Коагуляция, флотация, ионный обмен, экстракция, сорбция, обратный осмос, электрохимические
Химическая	Окисление, нейтрализация,
Термические	Огневое обезвреживание, жидкофазное окисление
Биологические	Биологическое разложение, биохимическое окисление

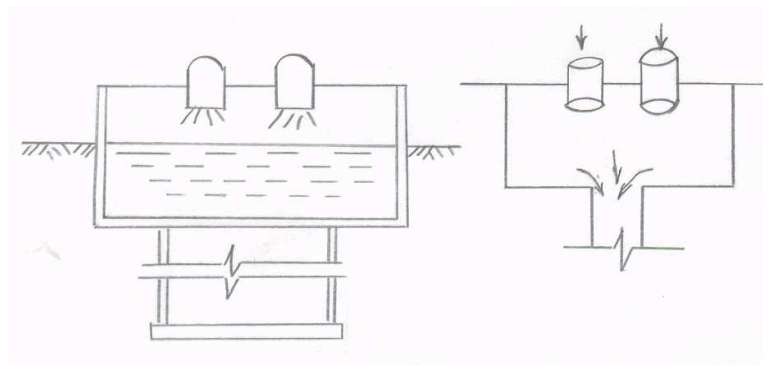
## **1.2 Методы механической очистки сточных вод**

Методы механической очистки применяют для извлечения из воды взвешенных, т.е. нерастворимых веществ. Как правило, в группу методов механической очистки включают: процеживание, отстаивание, осветление во взвешенном слое осадка, фильтрование, центробежные методы.

В состав сооружений механической очистки входят [2]:

- решетки;
- песколовки;
- отстойники;
- осветлители со взвешенным слоем осадка;
- гидроциклоны;
- центрифуги;
- фильтры.

Сточные воды, поступающие на очистные сооружения, прежде всего подаются в приёмную камеру (рис.1) - железобетонный резервуар, предназначенную для гашения напора и регулирования колебаний расходов.



**Рисунок 1 - Приёмная камера**

Обычно механическая очистка является предварительным, реже - окончательным этапом очистки сточных вод.

Выбор метода очистки сточных вод от взвешенных веществ осуществляется с учетом кинетики процесса, исходя из размера частиц. В том случае, когда частицы достаточно велики ( $>30$  мкм), то в соответствии с законом Стокса, они могут легко выделяться из воды отстаиванием или фильтрованием. Для более мелких частиц нужны более действующие методы. Выделение коллоидных частиц осуществляется за счёт применения коагуляции и осветлителей со взвешенным слоем осадка [3].

Как правило, на первом этапе очистки для задержания крупных загрязнителей (более 5 мм), способных забить трубопроводы и коммуникации применяются решетки (рис.2). Они состоят из наклонно или вертикально установленных параллельных металлических стержней, укрепленных на металлической раме.

Наклон решеток составляет  $60-80^\circ$  к горизонту.

В зависимости от величины прозоров решетки делятся на:

- а) решетки грубой очистки (прозоры 30-200 мм);
- б) решетки средней очистки (прозоры 10-30 мм);
- в) решетки тонкой очистки (прозоры 1-10 мм);





**Рисунок 2 - Решетки**

Различают простейшие - очищаемые вручную и механические решетки.

Механические решетки применяются при количестве задерживаемого мусора более  $0,1 \text{ м}^3/\text{сут.}$

На станциях очистки бытовых сточных вод чаще всего применяют неподвижные наклонные решетки типа МГ, а также решетки-дробилки РД (рис.3) (круглые КРД, радиальные РРД или вертикальные ВРД).



**Рисунок 3- Решетка-дробилка**

Отходы, снятые с решеток направляются в дробилку для их измельчения, после чего их можно сбрасывать в воду перед отстойниками [2].

Очищенные от крупных загрязнителей сточные воды подают на следующую ступень в песколовки.

Применение песколовок позволяет удалять из сточных вод взвешенные вещества минерального происхождения (преимущественно песка) крупностью  $>0,25$  мм. Принцип действия песколовки основан на осаждении тяжелых примесей под действием силы тяжести.

Скорость движения сточных вод в песколовках (рекомендуется 0,15-0,3 м/с) соответствует условиям, чтобы в процессе работы сооружения оседали преимущественно вещества минерального происхождения. Снижение скорости приводит к оседанию веществ, преимущественно органического происхождения, что в свою очередь вызывает трудности при их обработке и из-за снижения зольности осадка, увеличение - к выносу песка с песколовки.

Различают вертикальные (малоустойчивые и я редко применяемые), горизонтальные (с прямолинейным и круговым движением воды), аэрируемые и тангенциальные типы песколовок.

Выбор типа песколовки осуществляется с учетом производительности очистной станции, необходимой эффективности задержания песка, схемы очистки сточных вод и обработки осадков, решения по компоновке сооружений на площадке очистной станции и других факторов [3].

Под горизонтальными песколовками понимают удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением (рис. 4). К основным элементам песколовки данного типа относятся: входной и выходной каналы; бункер для сбора осадка, расположенный в начале песколовки. Кроме этого, в песколовки есть механизмы для перемещения осадка в бункер и гидроэлеватор для удаления песка.



**Рисунок 4- Горизонтальная песколовка**

Горизонтальные песколовки должны иметь два или более отделений, каждое из которых оснащается шиберами для отключения его с работы. Устройство песколовки из нескольких отделений позволяет поддерживать постоянные скорости течения сточной воды путем отключения с работы одного или нескольких отделений в периоды минимального притока и осуществлять очистку неработающих отделений [1].

Приямки для осадка в горизонтальных песколовках выполняют в виде пирамид или конусов. Их стенкам придают уклон к горизонту не менее  $60^\circ$ . В этом случае осадок самопроизвольно сползает по стенкам в основание приямка.

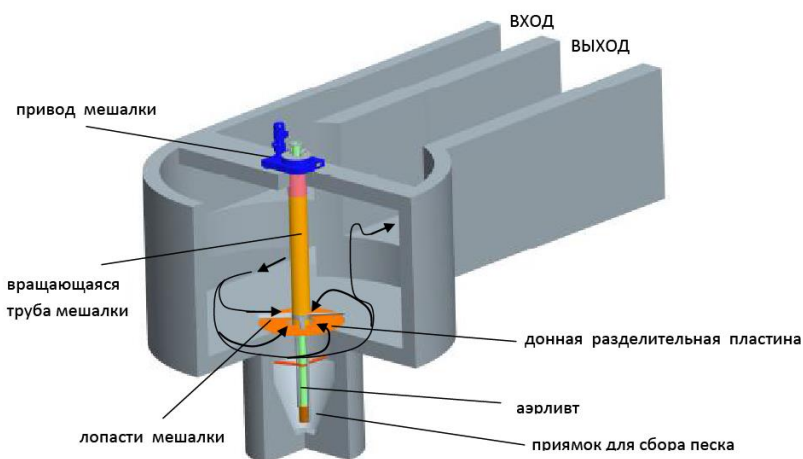
Перемещение осадка до приямка осуществляется с помощью механических скребков или гидромеханическим способом (гидросмыв). С песочного приямка осадок удаляется гидроэлеваторами, песочными насосами, эрлифтами или шнековыми насосами.

Механизмы для перемещения осадка применяют двух типов: цепные, состоящие из двух бесконечных цепей, расположенных по краям песколовки, с закрепленными на них скребками и тележечные, состоящие из тележки, которая перемещается над песколовкой по рельсам вперед и назад, на которой подвешивается скребок.

Продолжительность пребывания сточных вод в песколовке определяется расчетом и зависит от глубины. В горизонтальных песколовках продолжительность пребывания сточных вод регламентируется и должна быть не менее 30 с [4].

Горизонтальные песколовки с круговым движением воды (рис. 5), представляют собой круглые резервуары конической формы с периферийным лотком для протекания сточной воды. По принципу работы подобны горизонтальным песколовкам. Разница заключается лишь в том, что движение воды происходит не прямолинейно, а по кольцевому лотку. Проточная часть песколовки с круговым движением воды в поперечном сечении имеет в верхней части прямоугольную форму, а в основе - треугольную с щелью внизу. Песок задерживается в кольцевом лотке, проваливается через щель в конусную часть, откуда периодически откачивается гидроэлеватором.

Тангенциальные песколовки имеют круглую в плане форму. Подвод воды в них осуществляется по касательной, что в свою очередь вызывает вращательное движение потока [2].



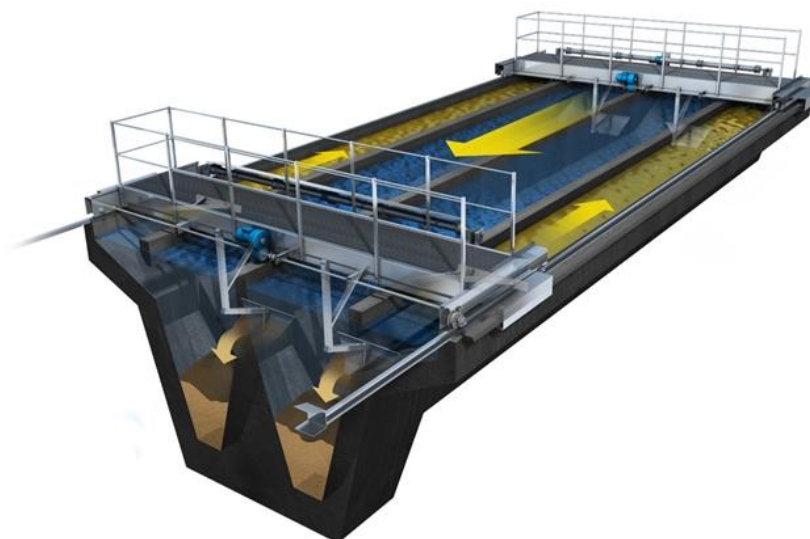
**Рисунок 5 - Горизонтальная песколовка с круговым движением воды**

При одновременном поступательном и вращательном движении воды в таких песколовках создается винтовое движение. На периферии вода движется вниз, а в центре - вверх. Кроме силы тяжести на частицы песка в

тангенциальной песколовки действуют еще и две центробежные силы, обусловленные движением сточной воды по кругу в плане и вращательным движением в поперечном сечении. В результате действия центробежных сил частицы песка отбрасываются на периферию потока - к стенкам и дну песколовки и в конце концов оказываются в песочном приямке. Более летучие органические примеси при этом поддерживаются во взвешенном состоянии и не выпадают в осадок, в результате чего содержание песка в осадке тангенциальных песколовок выше, чем в горизонтальных и составляет 70-75%.

В песколовках этого типа задерживаются песок гидравлической крупностью от 18,7 до 24,2 мм/с.

Разновидностью тангенциальных песколовок являются аэрируемые песколовки. Такие песколовки (рис.6) имеют прямоугольную в плане форму (удлиненный горизонтальный резервуар) и прямоугольное сечение (ширина равна высоте). Вдоль одной из стен песколовок прокладывается аэратор из перфорированных труб на глубине  $\frac{2}{3}$  от общей глубины. Удаление песка происходит в поле центробежных сил при горизонтально винтовом движении воды. Горизонтально - поступательное движение создается в них за счет подачи воды с одной стороны и отвода с другой. Вращательное движение воды обеспечивается аэрацией потока создаваемой аэратором, установленным с одной из длинных сторон песколовки на расстоянии 45-60 см от дна, под которым расположен лоток для сбора песка



**Рисунок 6 - Аэрируемая песколовка**

В аэрируемых песколовках так же, как и в тангенциальных, при одновременном поступательном и вращательном движении возникает винтовое движение. В качестве аэраторов применяют перфорированные трубы с отверстиями 3-5 мм или фильтровые пластины. Устанавливаются аэраторы по длине каждой секции песколовки вдоль одной из стен. Выпавший осадок, сгребается к приемку, устроенному в начале песколовки, откуда удаляется гидроэлеватором. Время пребывания воды в аэрированных песколовках составляет 2-3 мин. (120-180 с).

Применение аэрируемых и горизонтальных песколовки с прямолинейным движением воды рационально при расходах очищаемых сточных вод более 10000 м<sup>3</sup>/сутки, горизонтальных с круговым движением жидкости - при затратах до 70000 м<sup>3</sup>/сут. Тангенциальные песколовки рекомендуется использовать при затратах очищаемых сточных вод до 50000 м<sup>3</sup>/сут. на малых очистных станциях применяют вертикальные песколовки.

Следует также отметить, что горизонтальные песколовки отличаются простотой конструкции и эксплуатации, а также обеспечивают достаточно высокую степень улавливания песка, находящуюся на уровне 65-75%. Однако такие песколовки имеют существенный недостаток - сложность сбора осадка [5].

Простоту выгрузки осадка способны обеспечить горизонтальные песколовки с круговым движением воды, которые помимо этого ещё и занимают меньше места. Однако наибольшую эффективность очистки способны обеспечить аэрируемые песколовки, в которых количество улавливаемого осадка достигает 75 л на 1000 м<sup>3</sup> воды, что в 1,5 раза выше по сравнению с другими типами песколовок. Помимо этого у аэрируемых песколовок отмечается высокая стойкость работы, не зависящая от расхода поступающих сточных вод.

Следующим этапом очистки является отстаивание. В зависимости от назначения отстойники делятся на:

- первичные, которые устанавливаются до сооружений биологической очистки;
- вторичные, которые устанавливаются после биологической очистки.

Первичные отстойники применяются для отстаивания сточных вод прошедших предварительную стадию очистки на решетках и песколовках, т.е. до сооружений биологической очистки. Вторичные - после сооружений биологической очистки для выделения из воды вынесенного активного ила или биопленки.

По конструктивным признакам выделяют горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники.

Движение воды в горизонтальных отстойниках осуществляется вдоль него горизонтально, в вертикальных - снизу вверх, а радиальных отстойниках - от центра к периферии.

Как правило, горизонтальные отстойники представляют собой состоящий из нескольких отделений прямоугольный в плане резервуар (рис. 7). Подвод воды осуществляется в торцевую переднюю часть, далее она проходит вдоль отстойника и сливается в отводной канал. Осаждение взвешенных веществ происходит за счёт низкой скорости ( $v_{\max}=10$  мм/с) [3].



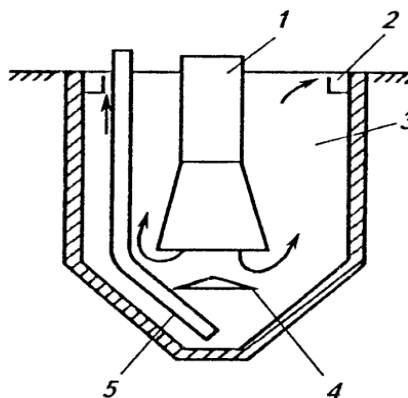
**Рисунок 7 - Горизонтальный отстойник**

Для того чтобы осадок сползал к приемке днищу отстойника придают уклон.

Горизонтальные отстойники применяют на очистных сооружениях производительностью от 15 до 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Преимуществом таких отстойников является надёжность работы, малая глубина, обеспечивающая 50-60%-й эффект очистки, а также возможность компактной компоновки. К недостаткам относятся: повышенный расход материала при изготовлении, а также неудовлетворительная работа механизмов сгребания осадка.

Применение вертикальных отстойников возможно при малой производительности очистных сооружений (2-20 тыс. м<sup>3</sup>/сут.) Они представляют собой круглый или квадратный в плане резервуар с конусным или пирамидальным днищем [2].

Различают отстойники с центральным впуском воды (рис. 8), нисходяще-восходящим движением воды и с периферийным впуском воды.



**Рисунок 8 - Вертикальный отстойник с центральным впуском: 1 - центральная труба; 2 - водослив; 3 - отстойная часть; 4 - отражательный щит; 5 - илопровод**

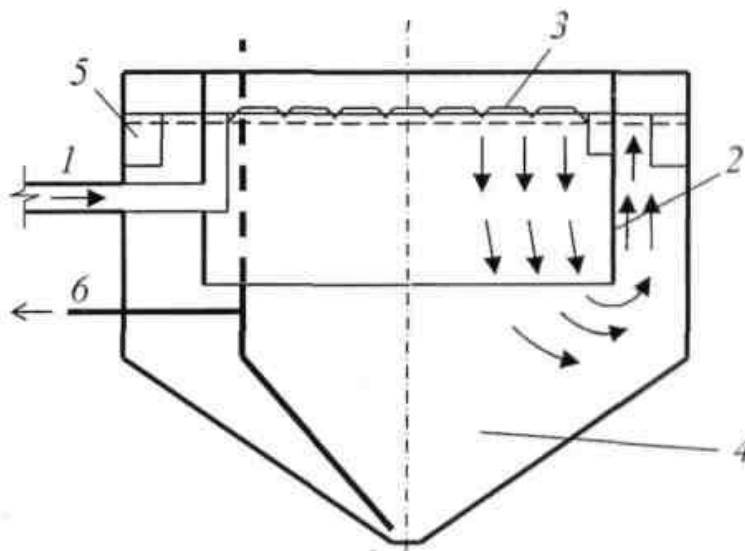


Подвод сточной воды осуществляется к нижней части отстойника по центральной трубе. После выхода из трубы вода движется снизу вверх к сливным желобам, по которым поступает в отводной лоток. Во время движения воды по отстойнику происходит выпадение из неё взвешенных веществ, причем скорость принимают не больше 0,7 м/с [6].

Жидкость, выйдя из щели между раструбом центральной трубы и отражательным щитом, движется радиально к стенкам отстойника, а затем поднимается вверх вдоль стенок. Выпадение взвешенных веществ происходит на горизонтальном пути движущейся жидкости от центра отстойника к периферии за счёт растекания струи и уменьшения скорости движения.

Эффективность очистки таких отстойников составляет порядка 40%.

Более эффективными являются вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком воды (рис. 9).



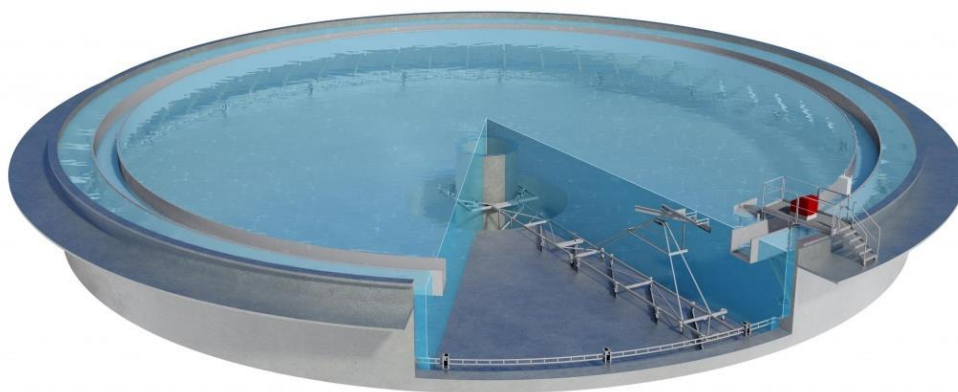
**Рисунок 9 - Вертикальный отстойник с нисходяще-восходящим движением воды: 1 - трубопровод; 2 - кольцевая перегородка; 3 - зубчатый водослив; 4 - осадочная часть; 5 - периферийный сборный лоток; удаление осадка**

Сточная вода поступает в центральную часть отстойника и через зубчатый водослив распределяется по площади зоны осветления, где происходит нисходящее движение потока воды. Выпадение основной массы

взвешенных веществ происходит до поступления воды в кольцевую зону, где происходит окончательное осветление воды и её сбор периферийным лотком.

Эффективность таких отстойников может достигать 60-70%.

Разновидностью горизонтальных отстойников являются радиальные, представленные на рисунке 1.10. Радиальные отстойники представляют собой круглый в плане неглубокий резервуар, диаметром 18, 24, 30, 40, 50, 54 м, в котором вода движется от центра к периферии. Наиболее широкое применение они нашли на станциях очистки городских сточных вод [7].



**Рисунок 10 - Радиальный отстойник**

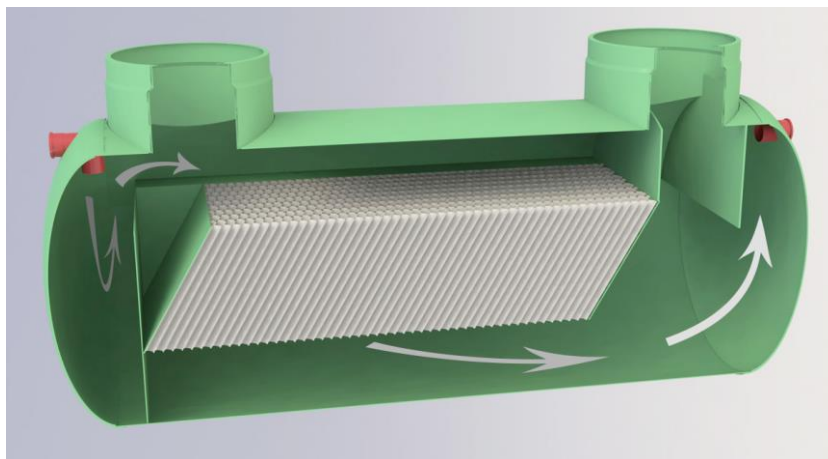
Различают радиальные отстойники с нижним или верхним выпуском воды. И в том, и в другом случае вода поступает по центральной трубе, а осветленная вода сливается в круговой желоб, откуда затем отводится по трубам.

Осадок, выпавший на дно, сгребается к центру скребком, закрепленным на подвижной ферме и поступает в приямок, из которого затем удаляется.

Недостатком данного вида отстойников по сравнению с горизонтальными является необходимость установки передвижной фермы, обеспечивающей сбор осадка. Однако с другой стороны радиальные отстойники характеризуются достаточно высокой степенью очистки - 60%.

Продолжительность процесса отстаивания колеблется от 30 мин до 1,5 часов.

В промышленности широкое применение нашли тонкослойные отстойники (рис. 11), считающиеся высокоэффективными. Также такие виды отстойников могут применяться и в технологической схеме очистки сточных вод небольших поселков [8].



**Рисунок 11 - Тонкослойный отстойник**

По конструктивным особенностям различают трубчатые и пластинчатые отстойники. Осаждение взвешенных веществ в таких отстойниках происходит внутри фильтрующего блока.

Для очистки воды с небольшим количеством взвешенных частиц целесообразно применять трубчатые отстойники [1].

Тонкослойные отстойники имеют водораспределительную, отстойную и водосборную зоны, а также осадочную зону. Отстойная зона разделена полками (или трубами) и отстаивание происходит в пространстве между полками высотой до 15 см.

В тонкослойном отстойнике возможны следующие схемы движения воды и выпавшего осадка:

- 1) перекрестная - когда осадок движется перпендикулярно направлению движения потока;
- 2) противоточная - когда осадок удаляется в направлении, противоположном движению потока;
- 3) прямоточная - когда направления движения потока и осадка совпадают.

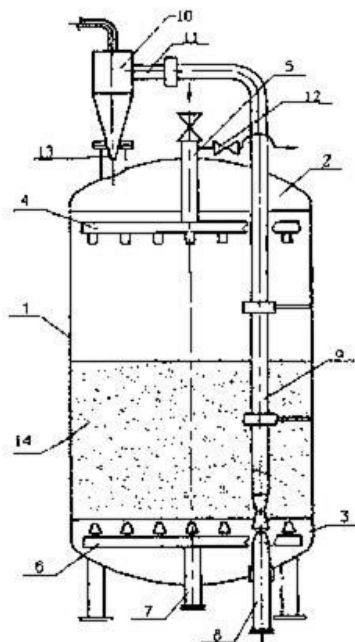
Наиболее эффективны тонкослойные отстойники с противоточной схемой движения фаз - воды и осадка. Осадок сползает в иловый приямок, из которого периодически удаляется. Всплывшие вещества собираются в пазухе между секциями и удаляются лотком. Тонкослойные отстойники обычно применяют для осветления сточных вод, содержащих взвешенные вещества однородного состава в относительно небольших концентрациях. Иногда их используют в качестве второй ступени механической очистки.

Для очистки сточных вод после их отстаивания применяют напорные и безнапорные зернистые фильтры.

Первые применяют при очистке сточных вод на нефтепромыслах, когда используется остаточное пластовое давление (рис.12). Вторые – при больших объемах сточных вод [9].

В качестве фильтрующего материала применяются природные (кварцевый песок, антрацит, дробленый гравий, доменный шлак, бурый уголь, керамзиты) и искусственные материалы (полистирол, полипропилен, лавсан, нитрон.)

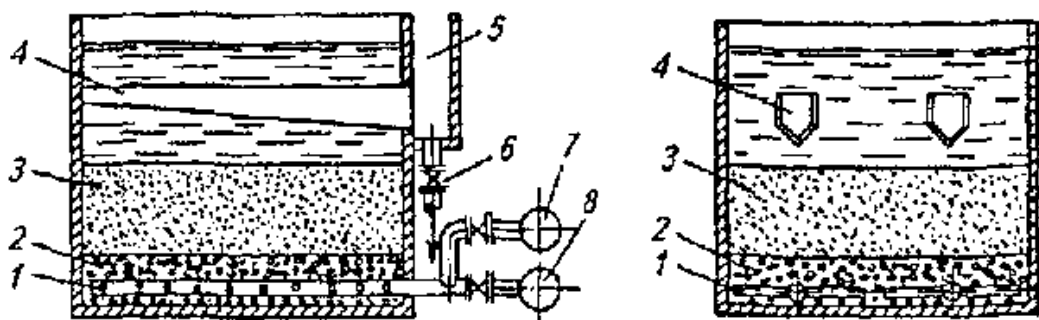
Также к фильтрующим материалам относят металлические сетки квадратного и галунного плетения, которые устанавливают в барабанных сетках, микрофильтрах, фильтрах Вако и др.



**Рисунок 12 – Напорный фильтр: 1 – корпус фильтра; 2 – крышка; 3 – поддон; 4 – сборно-распределительная система; 5 – подача воды на фильтрование; 6 – дренажная система; 7 – отвод очищенной воды; 8 – подача воды на гидроэлеватор; 9 – гидроэлеватор; 10 – напорный гидроциклон; 11 – подача песчаной пульпы в напорный гидроциклон из гидроэлеватора; 12 – отвод грязной промывной воды; 13 – конус выгрузки отмытых восстановленных частиц; 14 – загрузка фильтра**

Процесс очистки в таких фильтрах осуществляется сверху вниз, промывка - в обратную сторону.

Безнапорные (открытые) фильтры (рис. 13) вода поступает через сборные желоба из распределительного канала и, распределившись по всей площади фильтра, попадает на фильтрующий слой загрузки [6].



**Рисунок 13 - Открытый безнапорный фильтр: 1 - дренажная система; 2 - поддерживающие слои; 3 - фильтрующий слой; сборный желоб; 5 - распределительный канал; 6 - отвод промывной воды; 7 - трубопровод воды на промывку; 8 - трубопровод профильтрованной воды**

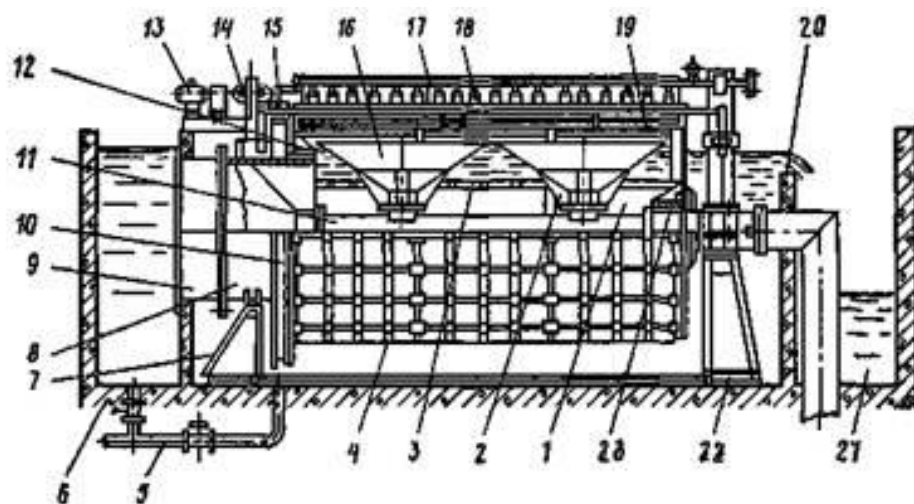
Пройдя через фильтрующий слой, а затем через поддерживающие слои, профильтрованная вода собирается дренажной системой в трубопровод чистой воды, по которому подаётся на последующие сооружения.

В практике водоочистки вместо первичных отстойников при концентрации взвешенных веществ не более 250 мг/л зачастую применяют барабанные сетчатые фильтры (рис. 14).

Основным элементом аппарата является барабан сварной конструкции, на поверхности которого смонтированы фильтрующие элементы. Вращение барабана осуществляется за счёт электродвигателя. При этом осью вращения выступает труба, которая также является коллектором для отвода промывной воды.

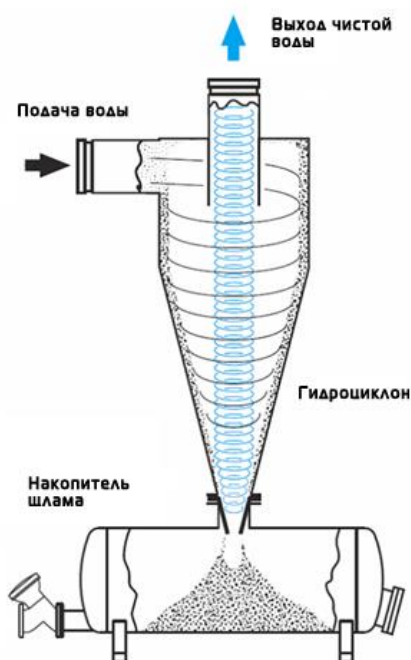
Подаваемая на очистку вода попадает внутрь установки через открытую торцевую стенку барабана параллельно его оси и выходит радиально, фильтруясь через сетку [10].

Для предотвращения обрастания сеток в аппарате предусмотрено наличие бактерицидных ламп, облучающих поверхность барабана.



**Рисунок 14 – Барабанный сетчатый фильтр: 1 - барабан; 2 - поперечные связи барабана; 3 - продольные связи; 4 - ребра жесткости; 5 - трубы опорожнения; 6 - входной канал; 7 - передняя рама; 8 - входная труба; 9 - закладной патрубок; 10 - цевочное колесо; 11 - сточная труба; 12 - передний подшипник; 13 - электродвигатель; 14 - редуктор; 15 - шестерня; 16 - бункер; 17 - трубопровод промывной воды; 18 - разбрызгиватель; 19 - бактерицидные лампы; 20 - водослив; 21 - канал фильтрата; 22 - задняя рама; 23 - задний подшипник**

Для механической очистки сточных вод от взвешенных частиц также применяются гидроциклоны и центрифуги. Гидроциклоны (однокорпусные, батарейные многоярусные) и центрифуги (отстойные, фильтрующие) наибольшее применение нашли в области промышленной водоочистки, однако последние также применяются для обезвоживания сброженного осадка на городских очистных сооружениях.



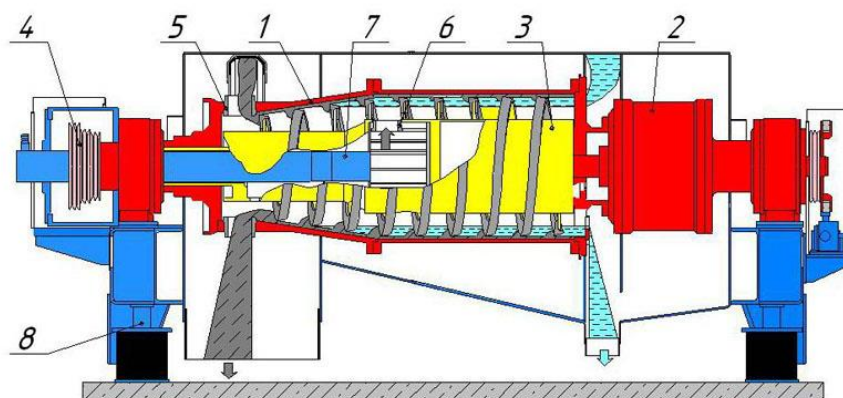
**Рисунок 15 – Напорный гидроциклон**

Изображенный на рис. 15 напорный гидроциклон, представляет собой аппарат, состоящий из цилиндрической и конической частей. Поступление воды осуществляется через тангенциально расположенный патрубок, расположенный в цилиндрической части, и двигаясь по винтовой спирали возле стенок аппарата направляется в его коническую часть. Выделение взвешенных частиц осуществляется под действием центробежных сил [11].

Что касается, центрифуг, то по сравнению с гидроциклонами они обрели не такое широкое распространение в области очистки сточных вод, в виду высоких энергозатрат.

Для разделения грубодисперсных смесей применяют фильтрующие центрифуги, для труднофильтрующихся тонко- и грубодисперсных суспензий – отстойные.

Наиболее перспективными для очистки производственных сточных вод являются отстойные центрифуги среди которых наибольшее распространение получили центрифуги типа ОГШ (рис. 16).



**Рисунок 16 – Центрифуга типа ОГШ: 1 – ротор; 2 – редуктор; 3 – шнек; 4 – шкив ротора; 5 – окна выгрузки осадка; 6 – загрузочные окна; 7 – труба питания; 8 – опора**

Данный тип центрифуг предназначен для разделения суспензий с твердой фазой объемной концентрацией от 1 до 40%, размером частиц свыше 5 мкм, разностью плотностей твердой и жидкой фаз более 0,2 кг/л.

### **1.3 Методы физико-химической очистки сточных вод**

Как правило, оборудование для механической очистки достаточно легко удаляет из воды частицы размером 10 мкм и более, а вот более мелкие и коллоидные частицы оно удалить практически не способно [12].

Для улучшения процесса очистки в сточные воды добавляются коагулянты, обеспечивающие слипание коллоидных частиц и образование агрегатов, легко удаляемых из воды.

В качестве коагулянтов широко применяются соли железа, алюминия, а также их смеси. Применение коагулянтов связано с трудностью регулирования технологического режима работы очистных сооружений в условиях постоянно меняющегося качества воды. Для стабилизации и интенсификации процессов очистки воды с помощью коагулянтов к последним добавляют специальные вещества - флокулянты. Наибольшее распространение в качестве флокулянта получил полиакриламид (ПАА).



Очистка сточных вод при помощи коагулянтов и флокулянтов включает процессы приготовления их водных растворов, их дозирование и смешение с обрабатываемой водой, а также удаление образовавшихся хлопьев.

Смешение коагулянтов со всем объёмом обрабатываемой воды осуществляется в смесителях (дырчатых, перегородчатых, лопастных и т.д.), продолжительность пребывания в которых составляет 1-2 мин.

Для выделения из воды нефтепродуктов, жиров, смол, масел, лакокрасочных материалов применяют метод флотации. Метод флотационной очистки основан на способности загрязняющих веществ при определенных условиях закрепляться на границе раздела фаз «жидкость-газ». При этом происходит концентрирование частиц в образовавшемся пенном слое, после чего эта пена удаляется с поверхности воды [13].

Различают следующие способы флотации:

- флотация с выделением воздуха из раствора;
- с механическим диспергированием воздуха;
- с пропусканием воздуха через пористые пластины;
- химическая флотация.

Наибольшее распространение получила флотация с механическим диспергированием воздуха, осуществляющаяся в импеллерных машинах (рис. 17).

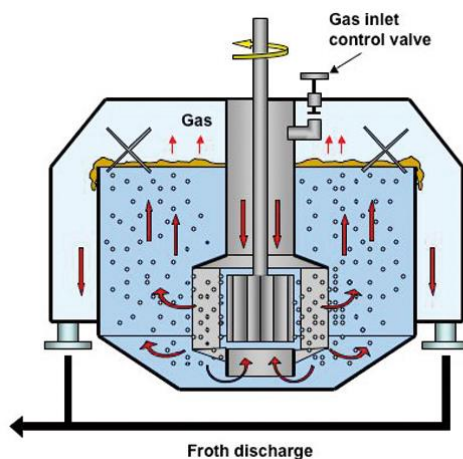


Рисунок 17 – Импеллерный флотатор

Для глубокой очистки сточных вод от органических веществ, солей и металлов в практике водоочистки применяют адсорбционные и ионообменные методы.

Процесс адсорбции осуществляется по периодической, полупериодической и непрерывной технологической схеме. При этом в качестве адсорбентов применяют гранулированные мелкозернистые и высокодисперсные активированные угли.

Наибольшее распространение получила схема периодической адсорбции.

Ионный обмен представляет собой процесс взаимодействия сточной воды с твердой фазой, обладающей способностью обменивать присутствующие в ней ионы на другие ионы, содержащиеся в сточной воде [14].

Процесс ионного обмена проводят в ионообменных открытых (безнапорных) и закрытых (напорных) фильтрах.

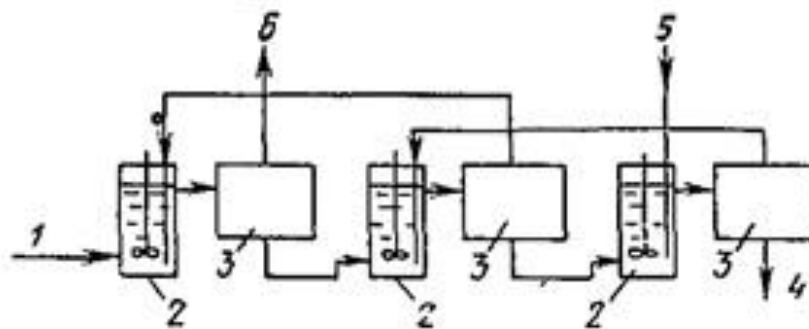
Еще одним способом физико-химической очистки сточных вод является экстракция. Экстракция представляет собой распределение загрязнений в смеси взаимонерастворенной жидкости. В процессе экстракции в сточные воды вводят экстрагент, нерастворяющийся в жидкости, но растворяющий в себе экстрагируемое вещество.

Применение экстракции с экономической точки зрения целесообразно при значительных концентрациях извлекаемых компонентов или при их высокой товарной ценности, а также в случае обработки высокотоксичных сточных вод, когда другие методы не являются приемлемыми [15].

В качестве экстрагентов, как правило, применяются органические растворители (бутилацетат, четырёххлористый углерод, бензол и т.д.).

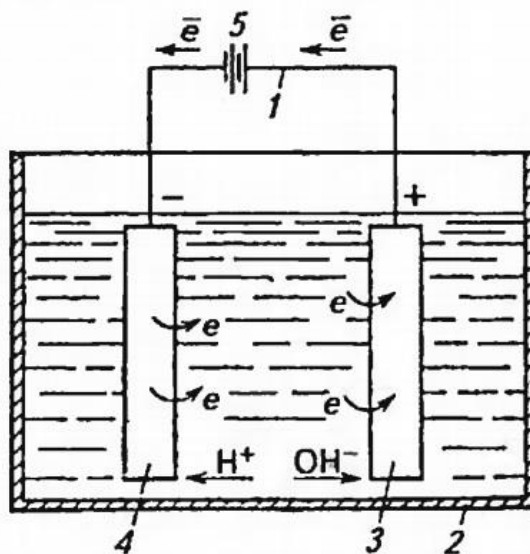
В практике очистки сточных вод чаще всего применяется многоступенчатая противоточная экстракция, при которой исходные воды и экстрагент поступают с противоположных сторон (рис. 18). Удаление

конечного экстракта осуществляется из первой ступени установки, а очищенных сточных вод (рафината) – из последней ступени.



**Рисунок 18 – Схема противоточной многоступенчатой экстракции: 1 – подача исходных сточных вод; 2 – экстрактор; 3 – отстойник; 4 – рафинат; 5 – экстрагент; 6 – конечный экстракт**

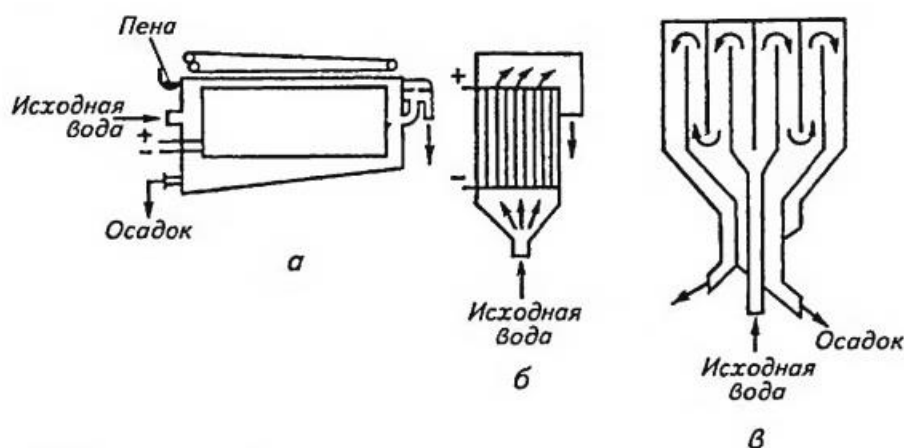
Для очистки сточных вод гальванических производств большое распространение получили электрохимические процессы очистки и в частности электролизеры (рис. 19).



**Рисунок 19 – Электролизер: 1- внешняя цепь; 2 – ёмкость; 3 – анод; 4 – катод; 5 – источник питания**

Вода поступает в ёмкость 2, в которую погружены два электрода 3,4, соединенные с источником питания. Под действием электрического тока происходит диссоциация загрязняющих веществ на ионы и их миграция к катоду и аноду.

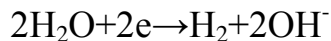
В случае использования в качестве анода алюминиевых или железных электродов происходит их электролитическое растворение, в процессе которого в поддающиеся очистке сточные воды переходят в ионы этих металлов, превращающиеся в гидроксиды или основные соли металлов, обладающие коагулирующей способностью. Данный процесс называют электрокоагуляцией, являющийся более эффективным по сравнению с обычной коагуляцией [16].



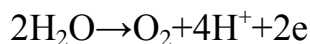
**Рисунок 20 – Электрокоагуляторы: а – однопоточный; б – многопоточный с вертикальным движением воды; в – то же, со смещенным движением воды**

Достаточно распространенными являются также и электрофлотаторы, использующие кислород и водород, выделяющиеся при электролизе на электродах для улавливания загрязняющих веществ.

При этом на катоде происходит разряд молекул воды с образованием водорода:



На аноде процесс окисления сопровождается выделением кислорода:



Электрофлотаторы широко применяются для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты и ПАВ [17].

#### 1.4 Методы химической очистки сточных вод

Помимо физико-химических методов в практике водоочистки применяются химические метод. Их, прежде всего, применяют для удаления растворимых веществ в замкнутых системах водоснабжения, а также иногда и для дополнительной очистки сточных вод до или после биологической очистки. Чаще всего благодаря химической очистки удаляют ионы тяжелых металлов. В основе химических методов очистки лежат процессы нейтрализации, окисления и восстановления [18].

Сточные воды, содержащие минеральные кислоты или щелочи перед сбросом в водоёмы или перед технологическим процессом поддают процессу нейтрализации.

Нейтрализацию проводят:

- путем смешивания сточных вод с разной величиной pH;
- добавлением реагентов;
- абсорбцией кислых газов;
- щелочными водами;
- абсорбцией аммиака кислыми водами.

Некоторые категории промышленных сточных вод содержат специфические загрязнения, которые невозможно удалить вышеупомянутыми методами. В этих случаях применяют химические методы, основными из которых являются [19]:

- 1) реагентное окисление;
- 2) окисление с применением технического кислорода;
- 3) окисления с применением озона;
- 4) электрохимическое окисление.

Когда в сточных водах есть ядовитые вещества, возможно применение окисления с помощью реагентов. Одним из реагентов, который чаще всего используют, является хлор. В процессе окисления токсичные загрязнения в результате химических реакций переходят в менее токсичные.

Чаще всего окисление применяют для очистки сточных вод от цианида, растворенных соединений мышьяка и других токсичных соединений.

Метод восстановления применяют в тех случаях, когда сточные воды содержат легковосстанавливаемые вещества. Суть метода заключается в том, чтобы перевести растворенную в воде примесь в осадок.

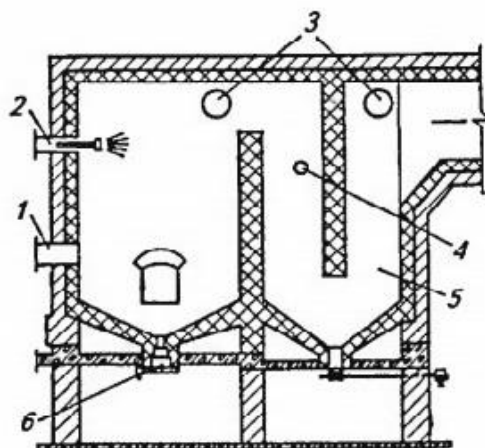
### **1.5 Методы термической очистки сточных вод**

Термическая очистка сточных вод применяется при небольших расходах сточных вод, а также в тех случаях, когда применять другие методы нецелесообразно с экономической точки зрения [20].

Так, например, огневой метод применяют для утилизации сточных вод, содержащих высокотоксичные органические вещества, а так же в случае наличия в их составе горючих веществ, которые можно использовать в качестве топлива.

Сущность данного метода заключается в распылении сточных вод в потоке топочных газов нагретых до температуры 900-1000°C. При этом происходит полное испарение воды и сгорание органических веществ, неорганические же вещества образуют твёрдые или оплавленные частицы.

Простейшим аппаратом для огневого обезвреживания сточных вод является камерная печь (рис. 21) [21].



**Рисунок 21 – Камерная печь для огневого обезвреживания сточных вод: 1 – форсунка для подачи мазута; 2 – форсунка для распыливания стоков; 3 – взрывной клапан; 4 – люк для термопары; 5 – камера для осаждения летучей золы; 6 – затвор для удаления жидкой золы**

Сущность жидкофазного окисления сточных вод («мокрого» сжигания) заключается в окислении кислородом воздуха органических примесей сточной воды при повышенной температуре (обычно до 350°C) и давлении, обеспечивающем нахождение воды в жидкой фазе.

Преимущество данного метода заключается в значительно меньших затратах тепла вследствие отсутствия необходимости испарения воды и нагревания паров до высоких температур [22].

## **1.6 Методы биохимической очистки сточных вод**

Методы биохимической очистки сточных вод основаны на способности микроорганизмов использовать многие загрязняющие вещества для питания в процессе жизнедеятельности [23].

Методы биохимической очистки подразделяют на очистку в естественных (поля орошения и поля фильтрации) или искусственных условиях (например, аэротенки, биофильтры и т.д.), на аэробную и анаэробную.

Поля орошения представляют собой специально подготовленные земельные участки, используемые одновременно для очистки сточных вод и агрокультурных целей (рис. 22).



**Рисунок 22 – Поля орошения**

В свою очередь полями фильтрации называют участки земли, предназначенные исключительно для проведения процессов очистки сточных вод.

Процессы очистки на полях осуществляются под действием почвенных микроорганизмов, естественного ультрафиолета и преобладающей растительности.

Аэротенки и биофильтры представляют собой сооружения для проведения процессов искусственной биологической очистки.

Характерной особенностью аэротенков является пребывание микробиальной части во взвешенном в жидкости состоянии в виде отдельных хлопьев [24].

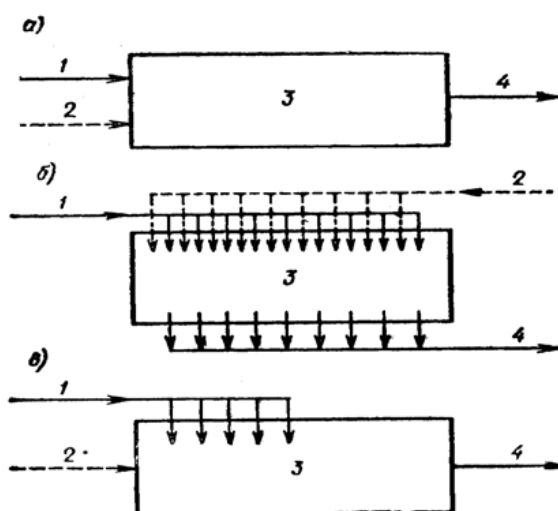
Конструктивно аэротенк представляет собой открытый железобетонный бассейн, оборудованный устройствами принудительной аэрации (рис. 23).





**Рисунок 23 – Аэротенк**

По гидродинамическому режиму различают (рис. 24):



**Рисунок 24- Виды аэротенков: а - аэротенки-вытеснители; б -аэротенки-смесители; в - аэротенки с рассредоточенным движением воды**

По способу регенерации активного ила различают аэротенки с отдельной и без отдельной регенерацией.

По нагрузке на активный ил [25]:

- высоконагружаемые;
- обычные;
- низконагружаемые.

По количеству ступеней:

- одноступенчатые;
- двухступенчатые;

- многоступенчатые.

Наибольшее распространение по конструктивным признакам получили двух-, трёх- и четырёхкоридорные аэротенки.

Для поддержания нормальной работы аэротенков важным условием является обеспечение непрерывного поступления кислорода.

Процесс очистки стоков в аэротенках состоит из следующих основных этапов: адсорбция и коагуляция активным илом взвешенных и коллоидных частиц, окисление растворенных и адсорбированных веществ, нитрификация и регенерация активного ила и удаление его избыточного количества.

Преимуществом применения аэротенков в качестве сооружений биологической очистки является достаточно высокая степень очистки, позволяющая достигнуть содержания органических веществ в очищенной воде по БПК<sub>полн</sub> до 15 мг/л.

Как и в аэротенках, очистка сточных вод в биофильтрах осуществляется за счёт микроорганизмов (био пленки), толщина которой зависит преимущественно от концентрации органических веществ.

Биофильтр можно рассматривать в качестве открытой экосистемы, ограниченной в пространстве, важной особенностью которой является устойчивое равновесие. Как правило экосистема биофильтра состоит из двух сред: живой (биоценоз био пленки) и неживой (конструктивная часть сооружения).

Для поддержания нормальной работы биофильтра важной задачей является обеспечение питания и обмена энергией биологической пленки путем изъятия и переработки сточной воды. Питание и обеспечение энергией микроорганизмов био пленки осуществляется за счёт ферментативных реакций, происходящих в процессе окисления органических веществ.

Как правило, в качестве фильтрующего материала применяется галька, керамзит, гравий и различные искусственные материалы.

Классификация биофильтров обеспечивается по следующим признакам [26]:

- по степени очистки: полная и неполная;
- по способу подачи воздуха: с искусственной и естественной аэрацией;
- по режиму работы: с рециркуляцией сточной воды и без неё;
- по технологической схеме: одно- и двухступенчатые;
- по пропускной способности: малой и большой;
- по виду и особенностям загрузки: с объёмной и плоскостной загрузкой.

В свою очередь биофильтры с объёмной загрузкой делятся на:

- капельные;
- высоконагружаемые;
- башенные.

Биофильтры с плоскостной нагрузкой делятся на:

- биофильтры с жёсткой засыпной загрузкой;
- с жёсткой блочной загрузкой;
- с мягкой или рулонной загрузкой;
- дисковые биофильтры.



**Рисунок 25 – Дисковый биофильтр**

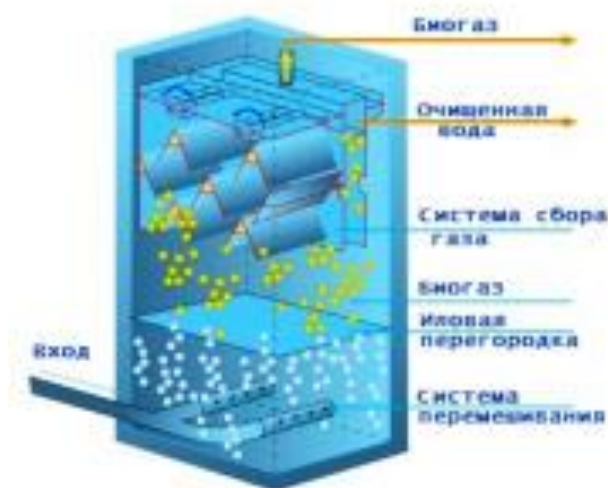
Применение биофильтров позволяет добиваться высокой степени очистки, снижая концентрацию органических веществ по БПК<sub>полн</sub> до 15-20 мг/л при однократном протекании через загрузку [27].

Процесс анаэробного разложения органических веществ происходит в рабочем объеме микроорганизмами, которые поддерживаются во взвешенном состоянии с помощью механического перемешивания или барботажа.

Сооружения для анаэробной очистки сточных вод являются более сложными по своей конструкции, чем для аэробной и более затратные при строительстве, однако дают больший эффект очистки по химической потребности кислорода (ХПК), а также предусматривают утилизацию тепла, образующегося биогаза для поднятия температуры собственного процесса.

Наиболее общепринятая классификация анаэробных реакторов основана на форме макроструктур метаногенной биомассы в них. По этому принципу все конструкции можно разделить на реакторы со взвешенно-сидиментирующей биомассой (илом) и прикрепленной биомассой (био пленкой). Основными представителями современных реакторов являются:

- реактор с восходящим потоком жидкости через слой анаэробного ила (UASB);
- реактор с расширенным и взвешенным слоем гранул (EGSB);
- перегородочный реактор (ABR);
- биофильтр с восходящим потоком (AF);
- гибридные реакторы, сочетающие в себе конструкции двух реакторов (например: AF и AFB, HABR);
- биофильтр с нисходящим потоком жидкости и неподвижно закрепленной био пленкой (DSFF);
- реактор с псевдооживленным слоем носителя (AFB) и др. [28].



**Рисунок 26 – Реактор типа UASB**

Анаэробные методы обработки предпочтительней аэробных из-за низких энергозатрат, прироста биомассы и потребности в биогенных элементах. Значительным преимуществом является получение биогаза и связанной с ним рекуперацией энергии. В среднем выход метана составляет 0,1-0,35 м<sup>3</sup> на 1 кг снятой ХПК.

Как правило, анаэробной очистке могут подвергаться достаточно концентрированные сточные воды с БПК<sub>5</sub> не менее 500-1000 г/м<sup>3</sup> [29].

### **Выводы по первой главе**

В настоящее время наукой и промышленностью разработано большое количество методов очистки сточных вод. Как правило, выбор того или иного метода зависит от качественного и количественного состава сточных вод, а также от финансовых возможностей предприятия или населенного пункта. Так, например, механическая очистка способна с достаточно высокой эффективностью очистить сточные воды от взвешенных веществ, однако удаление коллоидных соединений без использования метода физико-химической очистки, коагуляции, не представляется возможным.

Что касается хозяйственно-бытовых сточных вод, то они представляют собой достаточно сложный высококонцентрированный комплекс органических соединений. Как правило, состав хозяйственно бытовых

сточных вод представлен крупными механическими загрязнителями (тряпки, ветки, бумага и т.д.), взвешенными веществами и органикой. В зависимости от преобладающих в населенном пункте производств, состав сточных вод может быть также представлен сбрасываемыми ими загрязнителями.

Как правило, очистка хозяйственно-бытовых сточных вод состоит из механической очистки, биологической и в зависимости от способа обеззараживания очищенных сточных вод, химической или физической. Биологическая очистка является важнейшим этапом обработки хозяйственно-бытовых сточных вод и от её эффективности зависит возможность минимизации негативного воздействия антропогенной деятельности на гидросферу.

## 2. СУЩЕСТВУЮЩАЯ СХЕМА ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Для обеспечения полной биологической очистки хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу промышленных сточных вод эксплуатируется блочно-модульная установка очистки сточных вод.

Среднесуточный расход сточных вод, подлежащих очистке составляет 60 м<sup>3</sup>/сут (2,5 м<sup>3</sup>/ч). Состав сточных вод, поступающих на очистку, представлен в таблице 2.

*Таблица 2 - Состав сточных вод, поступающих на очистку*

Показатели	Единица измерения	Значение
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /л	80
Взвешенные вещества	мг/л	250
Хлорид-анион (Cl <sup>-</sup> )	мг/л	до 300
Железо (Fe <sub>общ</sub> )	мг/л	до 0,8
Аммоний-ион (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	мг/л	до 5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/л	до 1,5
СПАВ	мг/л	2
Нефтепродукты	мг/л	3

Подача сточных вод на очистку осуществляется по напорному трубопроводу.

### 2.1 Состав блочно-модульной установки очистки хозяйственно-бытовых сточных вод

Существующая на данный момент блочно-модульная установка очистки хозяйственно-бытовых сточных вод состоит из узла учёта количества сточных вод; оборудования блока механической очистки сточных вод, представленного тангенциальной песколовкой, первичным отстойником с тонкослойным модулем; блока биологической очистки сточных вод, состоящего из аэротенка с системой аэрации, вторичного отстойника и эрлифта; блока доочистки, представленного фильтром с плавающей загрузкой и узлом обеззараживания.

Узел учета количества сточных вод представляет собой контрольно-измерительный прибор - ультразвуковой расходомер YS-2000S,

предназначенный для измерения гидравлической скорости жидкости в замкнутой системе трубопроводов.

В состав прибора инерционного типа YS-2000S входят 2 датчика, которые одновременно выполняют функции ультразвуковых передатчиков и приемников. Принцип работы расходомера заключается в переменной передаче и приеме частотно-модулированного взрыва звуковой энергии между двумя датчиками и измерении времени, за которое звук преодолевает расстояние между двумя датчиками.

Расходомер можно использовать для измерения расхода в трубах широкого диапазона типоразмерного ряда со сточной водой, содержащей небольшое количество мелких частиц.

Тангенциальная песколовка, входящая в состав блока механической очистки, предназначена для удаления крупных минеральных взвесей под действием сил тяжести и центробежной силы. Она представляет собой конструкцию радиального типа, выполненную из нержавеющей стали.

Диаметр песколовки равен 0,37 м, глубина - 0,19 м.

Вывод осевшего в процессе очистки песка на иловые площадки производится под действием гидростатического столба жидкости.

Входящий также в состав блока механической очистки первичный отстойник представляет собой сварную конструкцию коробчатого типа из нержавеющей стали с коническим днищем для сбора осадка и распределительными лотками. Вывод осадка из первичного отстойника производится под действием гидростатического столба жидкости по шламопроводу диаметром 80 мм.

Объем отстойника составляет 2 м<sup>3</sup>; глубина - 1,6 м.

Для повышения эффективности работы первичный отстойник оснащен тонкослойными модулями, в которых процессы осаждения взвеси протекают в слоях небольшой высоты. Тонкослойный модуль представляет собой ячеистую конструкцию, выполненную из полимерного листа. Размер ячейки:



36x70 мм. Ячеистая конструкция устанавливается в отстойнике по направляющим, выполненным из уголка.

Блок биологической очистки, как уже было отмечено, представлен аэротенком, представляющим собой сварную конструкцию коробчатого типа из нержавеющей стали, заключенную в каркас из уголка.

На стенках ёмкости имеются кронштейны для установки модулей с "ершовой" загрузкой. Для опорожнения аэротенка предусмотрен донный слив диаметром 80 мм. Объём аэротенка составляет 12 м<sup>3</sup>; глубина - 1,6 м.

Для обеспечения аэробных условий процесса очистки в аэротенке предусмотрена система аэрации, представляющая собой набор из полиэтиленовых труб и дисковых пневмоаэраторов мембранного типа. Диаметр аэратора составляет 310 мм.

Воздух в систему аэрации подаётся по воздуховоду от воздуходувок марки COMPRESSORS SCL K04-MS. Производительность воздуходувок составляет 137 м<sup>3</sup>/ч.

Вторичный отстойник, также входящий в блок биологической очистки, представляет собой сварную конструкцию коробчатого типа из нержавеющей стали, заключенную в каркас из уголка. Назначение вторичного отстойника - отделение из очищенной воды активного ила. Для вывода оседающего ила из зоны отстаивания и транспортирования его в "голову" аэротенка или резервуар для сбора осадка, вторичный отстойник оснащен эрлифтом, представляющим собой эжекционную систему. Эрлифт изготовлен из полимерного материала.

Размеры вторичного отстойника аналогичны первичному.

Фильтры с плавающей загрузкой, который входит в блок доочистки представляет собой сварную конструкцию, заключенную в каркас из уголка. Он предназначен для доочистки сточных вод после биологической очистки.

Загрузка фильтра представлена гранулами из вспененного полистирола диаметром 1-3 мм, заключенными для предотвращения их уноса между опорными нижней и верхней сетками. Размер ячейки сеток 2,5x2,5 мм.

Высота слоя фильтрующей загрузки составляет 0,5 м. Объем загрузки - 0,6 м<sup>3</sup>.

Фильтр оснащен указателями уровня и имеет коллектора с запорной арматурой для подвода исходной воды, воздуха и отвода промывных вод.

Площадь фильтрации составляет 0,25 м<sup>2</sup>.

Фильтр и сетки выполнены из нержавеющей стали.

Узел обеззараживания, также входящий в блок доочистки, представляет собой легко разборную сварную конструкцию коробчатого типа со съёмной крышкой. В крышке смонтированы ультрафиолетовые лампы.

Обеззараживание сточных вод, прошедших полную биологическую очистку и доочистку на фильтре с плавающей загрузкой проводится с помощью ультрафиолетового излучения, получаемого с помощью непогружной ртутной лампы (УФС) со спектром 253,7 нм, в специальном кварцевом чехле. Обеззараживание очищенной воды идет в тонком слое жидкости, протекающей по лотку узла обеззараживания. Доза УФ излучения составляет не менее 33 МДж/см<sup>2</sup>.

Узел обеззараживания выполнен из нержавеющей стали.

Марка ультрафиолетового облучателя - TUV 130.

Количество ламп в узле - 4 шт.

## **2.2 Технологическая схема очистки сточных хозяйственно-бытовых сточных вод на блочно-модульной установке**

Основной технологический процесс очистки сточных вод основан на использовании биологических методов очистки.

Технологический процесс очистки сточных вод включает 1 линию (блочно-модульная установка) производительностью 60 м<sup>3</sup> в сутки (рис. 27).

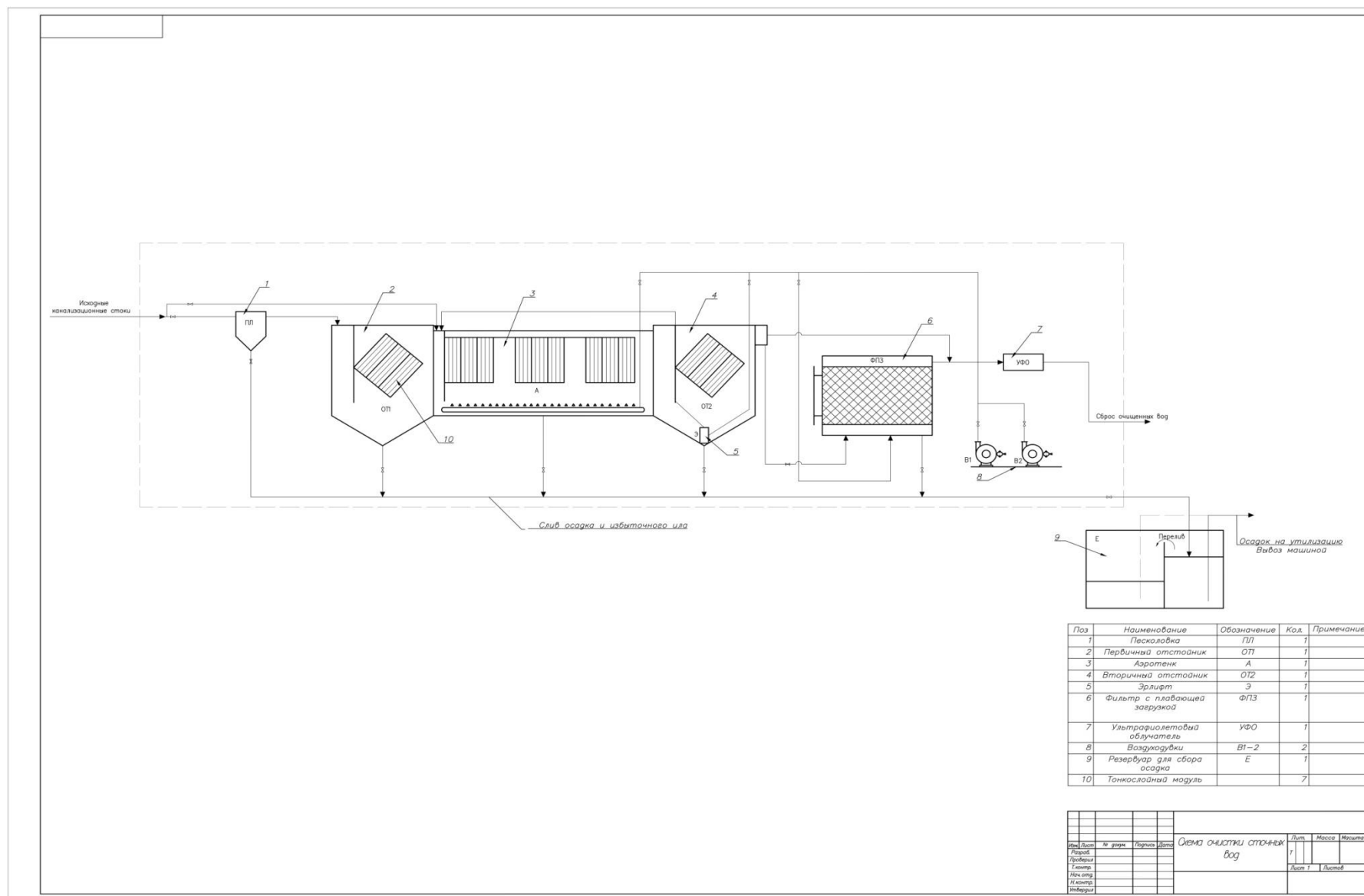


Рисунок 27 - Схема очистки сточных вод

Сточные воды поступают в приёмную камеру КНС, а затем равномерно подаются на установку биологической очистки, расположенную в блоке-контейнере. На входе перед очисткой контролируется расход и температура исходной воды. Сточная вода проходит предварительную очистку на тангенциальной песколовке, предназначенной для удаления крупных минеральных взвесей. В основе процесса лежит разница плотностей воды и минеральных частиц. Тяжелые минеральные частицы оседают на дно песколовки, а более легкие органические вещества направляются на дальнейшие стадии очистки. Осевшие минеральные частицы периодически выводятся оператором из системы и транспортируются в резервуар для сбора осадков.

Сточная вода, прошедшая грубую механическую очистку, самотеком поступает по водораспределительным лоткам в первичный отстойник.

Загрязняющие вещества с плотностью больше, чем у воды удаляются простым отстаиванием. Помимо этого, из сточных вод удаляются плавающие вещества. В процессе отстаивания происходит снижение величины БПК за счет удаления из сточной воды незначительной части нерастворимых органических веществ. Для повышения эффективности работы отстойник оснащен тонкослойными элементами, в которых процессы осаждения взвеси протекают в слоях небольшой высоты. Выпавший осадок периодически выводится оператором в резервуар для сбора осадков. Всплывающие загрязнения удаляются вручную при помощи сетчатых черпаков.

В технологической схеме предусмотрена байпасная линия, которая в аварийном режиме (кратковременно) позволяет подать сточную воду на период ремонта или профилактики оборудования блока предварительной очистки непосредственно в аэротенк.

Далее осветленная сточная вода поступает в блок биологической очистки - аэротенк. В аэротенке с участием специализированного биоценоза активного ила происходит минерализация азотсодержащих органических веществ. Сложные органические соединения благодаря биохимическим

процессам, проходящим при помощи ферментов активного ила, подвергаются распаду. Активный ил представляет собой сложный комплекс микроорганизмов коллоидного типа различного класса (микробы, бактерии, простейшие) с адсорбированными и частично окисленными загрязняющими веществами. При аэробных процессах (в присутствии кислорода воздуха) происходит окисление органических веществ, содержащих углерод, азот, серу, фосфор до минеральных солей, углекислого газа и воды.

Подача технологического воздуха в зоны аэрации осуществляется воздуходувками и распределяется внутри аэротенка через пневматические дисковые аэраторы. Воздух, подаваемый в воздуходувки, обязательно должен быть очищен от механических примесей и капельной жидкости. Очистка воздуха происходит на воздушных сетчатых фильтрах.

Для обеспечения циркуляции свежего воздуха в помещении установлены приточновытяжные вентиляторы, для подогрева технологического воздуха в зимний период времени установлен электрокалорифер.

Для интенсификации процесса биологической очистки и обеспечения высокого и стабильного качества очищенной воды, блок биологической очистки оснащен загрузкой типа «ерш», на котором развивается прикрепленный (иммобилизованный) биоценоз.

Аэротенк заполнен носителем микрофлоры типа «ерш» на 30 % его объема. Насадка находится в фиксированном состоянии, обеспечивая оптимальное распределение биомассы в объеме сооружений.

Преимущество добавления носителей с прикрепленной микрофлорой:

- увеличение концентрации биомассы в системе, и как следствие, увеличение окислительной мощности аэротенков в 5-10 раз,
- незначительная чувствительность к температурным колебаниям,
- практически исключается опасность потери биомассы адаптированных микроорганизмов вследствие изменения седиментационных свойств активного ила (его «вспухание») под воздействием поступления

токсических веществ или нарушения режима подачи стоков на очистные сооружения,

- уменьшение расхода возвратного активного ила из вторичных отстойников и по сравнению с системами со взвешенным активным илом.

По окончании процесса полной биологической очистки иловая смесь отделяется от очищенной сточной воды во вторичном отстойнике. Процесс осаждения интенсифицируется с помощью тонкослойных модулей. Активный ил из отстойной зоны с помощью эрлифтов возвращается в «голову» аэротенка.

Образующийся в процессе биологической очистки избыточный активный ил (поскольку имеет место непрерывный рост микроорганизмов) периодически отводится в резервуар для сбора осадка. По мере накопления осадка в резервуаре производится его откачка и вывоз спецмашиной на утилизацию.

При наступлении аварийной ситуации, например при нарушении герметичности металлической конструкции первичного отстойника, подача исходной воды осуществляется в аэротенк. При нарушении герметичности аэротенка предварительно осветленная вода при помощи погружного насоса подается из первичного отстойника во вторичный.

При выходе из строя вторичного отстойника очищенная вода из аэротенка подается погружным насосом в сборный лоток очищенной воды вторичного отстойника.

Очищенная вода дополнительно подвергается доочистке на узле механической фильтрации - фильтр с плавающей загрузкой. Очищенная вода самотеком по трубопроводу поступает в нижнюю часть фильтра, процесс фильтрации проводится снизу вверх через слой вспененных гранул полистирола. При достижении предельных потерь напора (повышение уровня в сборном лотке отстойника) загрузка фильтра промывается, при этом прекращается подача исходной воды в соответствующую секцию фильтра, в нее подается воздух и одновременно открывается донный слив, вода из

фильтрового пространства устремляется вниз, при этом загрузка расширяется и отмывается. Для предупреждения биологического обрастания, периодически проводится промывка фильтра водой с хлорсодержащим агентом (гипохлоритом натрия). В технологической схеме предусмотрена аварийная байпасная линия, которая позволяет подать очищенную воду на узел обеззараживания, минуя фильтр.

Обеззараживание сточной воды, прошедшей полную биологическую очистку, проводится с помощью ультрафиолетового излучения, получаемого с помощью непогружной ртутной лампы УФС в кварцевом чехле. Обеззараживающее действие УФ-излучения основано на необратимых повреждениях молекул ДНК и РНК микроорганизмов, находящихся в сточной воде, за счёт фотохимического воздействия лучистой энергии.

Сточная вода, прошедшая полную биологическую очистку и обеззараживание отводится по самотечному коллектору в водоем.

Осадки, образующиеся в процессе биологической очистки, собираются в сборнике осадка. Сборник представляет собой двух секционную емкость из железобетона. При наполнении первой секции до верхнего уровня начинается автоматический перелив через перегородку во вторую секцию ёмкости. Секция ёмкости оснащена указателем верхнего уровня со световой сигнализацией. Вторая секция оснащена указателем верхнего уровня со световой и звуковой сигнализацией.

При наполнении одной или обеих секций осадок вывозится на утилизацию спецавтотранспортом.

Состав очищенных сточных вод представлен в таблице 3.

*Таблица 3 - Состав очищенных сточных вод*

Показатели	Единица измерения	ПДК <sub>р.х.</sub>	Значение не более
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /л	3	2-4
Взвешенные вещества	мг/л	10	до 10
Хлорид-анион (Cl <sup>-</sup> )	мг/л	300	300
Железо (Fe <sub>общ</sub> )	мг/л	0,1	0,1
Аммоний-ион (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	мг/л	0,5	0,5

*Продолжение таблицы 3*

Показатели	Единица измерения	ПДК <sub>р.х.</sub>	Значение не более
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/л	0,2	до 0,6
СПАВ	мг/л	0,5	до 0,1
Нефтепродукты	мг/л	0,05	0,05

Недостатком существующей схемы является отсутствие грубой механической очистки, в связи с чем сооружения забиваются крупным мусором (листьями, бумагой). Также исходя из таблицы 2.2 установлено, что концентрация фосфатов в очищенной сточной воде не соответствует требованиям ПДК.

Таким образом, важной задачей является модернизация существующей схемы очистки сточных вод для обеспечения предварительной грубой механической очистки и доведения концентрации фосфатов в очищенной воде до требуемых значений.



### **3. МОДЕРНИЗАЦИЯ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

#### **3.1 Описание существующей проблемы**

Как уже было отмечено, существующая система очистки сточных вод характеризуется наличием определенных недостатков:

- 1) забивание оборудования крупным мусором;
- 2) недостаточная эффективность очистки от фосфатов.

Решение первого недостатка заключается в установке оборудования, обеспечивающего предварительную грубую очистку сточных вод от крупных примесей - решеток.

Вторая проблема заключается в том, что сброс сточных вод, загрязненных фосфатами способствует возникновению процессов эвтрофикации водоёмов.

Эвтрофикация (или эвтрофирование) - это повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных (природных) факторов.

В ГОСТе 17.1.1.01-77 приводится следующее определение этого явления – "Эвтрофированием называется повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов".

Принято различать антропогенную и естественную эвтрофикацию.

Антропогенная эвтрофикация обусловлена возрастанием потоков биогенных веществ в биосфере в результате хозяйственной деятельности человека и протекает значительно быстрее, чем естественное.

Естественная эвтрофикация водоемов обусловлена постепенным накоплением в водоемах органических и биогенных веществ в течение длительных геологических периодов времени.

Главной причиной антропогенной эвтрофикации является избыточное поступление биогенных элементов, создающих потенциальную возможность ускоренного развития продукционных процессов при прочих благоприятных условиях. Вследствие увеличения содержания органического вещества в воде и, соответственно, в донных отложениях интенсифицируются процессы его деструкции, усиливается расход растворенного в воде кислорода, изменяются окислительно-восстановительные условия среды (снижается рН воды и поровых растворов), увеличивается содержание в донных отложениях лабильных (подвижных) минеральных форм азота и фосфора. Усиливается поток этих соединений из дна в воду. В эвтрофных водоемах этот поток становится важным источником дополнительного (вторичного) загрязнения вод водоема биогенными веществами и поэтому процесс эвтрофикации начинает самоускоряться.

Типичным примером антропогенной эвтрофикации является цветение воды (рис. 28), вследствие, например, стока с полей, в состав которого входят азот- и фосфорсодержащие удобрения. Данные элементы вызывают рост и массовое развитие сине-зеленых водорослей.



**Рисунок 28 - Эвтрофикация водоёма**

Продолжительность цветения воды колеблется от нескольких дней до 2-х месяцев. Периодическая смена максимумов численности отдельных массовых видов планктонных водорослей в водоемах представляет закономерное явление, обусловленное сезонными колебаниями температуры,

освещенности, содержания биогенных элементов, а также генетически детерминированными. Данный процесс является первичной эвтрофикацией [30].

Фактором вторичной эвтрофикации является процесс заиления, поскольку илы - идеальный субстрат для водорослей.

Таким образом, решение проблемы снижения концентрации фосфатов в очищенной воде должно быть приоритетной задачей.

Наибольшее распространение получил биологический метод очистки сточных вод от фосфатов, так как он предусматривает удаление соединений фосфора параллельно с удалением азотных и органических соединений методами нитри-денитрификации.

Процесс удаления фосфора осуществляется гетеротрофами - фосфатаккумулирующими организмами (ФАО). ФАО являются гетеротрофами, которые приспособились к чередованию анаэробных и аэробных условий. Сущность биологического метода удаления азота и фосфора заключается в том, что на стадии биологической очистки сточная жидкость проходит последовательно три зоны: анаэробную, аноксидную (бескислородную) и аэробную.

В анаэробной зоне, в которой идет сбраживание органических веществ до ацетатов, нет растворенного кислорода, нитратов и нитритов, но есть органические вещества, потребляемые фосфорными бактериями с выделением в окружающую среду фосфатов.

В аэробной (высокая концентрация растворенного кислорода  $C_{O_2} > 2$  мг / л) протекают процессы аэробной очистки от органических веществ, нитрификации (биоокисление аммонийного азота до нитратного) и дефосфотация (быстрое потребление фосфатов фосфорными бактериями).

В аноксидной зоне, в которой протекает процесс денитрификации, растворенный кислород практически отсутствует, но есть нитраты, а также органические вещества.

В отличие от азота, который выводится из системы в газообразном состоянии при денитрификации, фосфор распределяется между илом и водой. Биологическое, не связанное с применением реагентов, удаление фосфора заключается лишь в выведении его в составе избыточного активного ила.

С увеличением массы избыточного ила возрастает масса удаляемого фосфора, но это входит в противоречие с накоплением в иле нитрифицирующих бактерий в результате вывода их вместе с приростом ила. Поэтому для увеличения выведения фосфора необходимо увеличить его содержание в клеточном веществе бактерий. Клетки обычного ила в аэротенке содержат 1-2% фосфора (может достигать до 5%), следовательно, в 28-32 г избыточного активного ила содержится 0,4-0,6 г фосфора. Если количество фосфора в иле удастся увеличить, будет снижаться его концентрация в очищенной воде. Есть определенные группы бактерий, которые в искусственно созданных экстремальных условиях выделяют из жидкой фазы значительно больше фосфора, чем необходимо для создания клеточной структуры (до 9-10% сухого вещества). Связанный таким образом фосфор удаляется вместе с илом. Избыточное количество фосфора в клетке, большее, чем потребность для размножения бактерий, наблюдается при чередовании анаэробных и аэробных (аноксидных) условий. Поэтому судьба фосфат-аккумулирующих организмов (ФАО) в биомассе активного ила является ключевым фактором, определяющим степень удаления фосфора.

Биологическая очистка сточных вод от соединений фосфора основывается на способности некоторых групп бактерий (преимущественно рода *Acinetobacter*) в искусственно созданных экстремальных условиях (достигаются при изменении зон, в которых находятся бактерии с анаэробных на аэробные) изымать из жидкой фазы значительно большее количество фосфора, чем это необходимо для создания клеточной структуры (так называемое «жадное поглощение»).

В анаэробных условиях в сточной воде отсутствует как растворенный кислород, так и химически связанный кислород нитритов и нитратов. Для обеспечения анаэробных условий циркулирующий активный ил должен подвергаться предварительной денитрификации. Вторым условием осуществления процесса является наличие в анаэробной зоне биологически окисляемых органических соединений, которые могут накапливаться бактериальными клетками.

*Acinebacter* обычно присутствуют в активном иле, но в незначительном количестве из-за низкой скорости прироста. Для того, чтобы этот микроорганизм начал играть свою полезную роль, необходимо обеспечить его низкомолекулярными летучими жирными кислотами (ЛЖК), которые служат субстратом для него, и создать условия, при которых он способен использовать ЛЖК эффективнее других микроорганизмов, находящихся в биоценозе.

Для реализации процесса дефосфатизации требуется обеспечить следующие условия:

- наличие анаэробной зоны с легкоокисляемым субстратом в форме ЛЖК;
- расположение последовательно с анаэробной аэробной зоны или аноксидной зоны;
- рецикл обогащенных фосфором ФАО в анаэробную зону.

Таким образом, для обеспечения более эффективной очистки сточных вод от соединений фосфора важной задачей является создание в аэротенке три основных элемента: зону анаэробной обработки смеси ила и сточных вод; аноксидную зону для денитрификации; аэробную (оксидную) зону для проведения нитрификации.

При использовании технологии удаления азота и фосфора, согласно которой в аэротенке выделяют аноксидные и анаэробные зоны, последние для предотвращения оседания активного ила и равномерного распределения загрязнений по объему аэротенка оборудуют системами перемешивания.

Аноксидные условия создаются в результате замены аэрации на механическое перемешивание, что обеспечивает поддержку активного ила во взвешенном состоянии. Механическое перемешивание энергетически выгоднее аэрации, поэтому при использовании нитратов вместо молекулярного кислорода на биоокисление органических веществ не только повышается эффективность очистки от азота, но и сокращаются затраты энергии на биологическую очистку.

Реконструкцию аэротенка с переводом его в режим нитроденитрификации и биологической дефосфотации, можно осуществлять одновременно с заменой системы аэрации. Она не требует больших дополнительных затрат и включает выделение анаэробных, аноксидных и аэробных зон с помощью поперечных перегородок, монтаж аэрационного оборудования, создающего необходимый кислородный режим в зонах, и введение рецикла иловой смеси [7].

### **3.2 Выбор оборудования и разработка схемы очистки сточных вод от фосфатов**

#### **3.2.1 Выбор решетки для грубой очистки сточных вод**

Для обеспечения грубой механической очистки сточных вод от крупных загрязнений принято использовать решетки. В настоящее время рынок очистного оборудования представлен довольно большим разнообразием решеток для обеспечения механической очистки сточных вод. На очистных сооружениях малой производительности достаточно большое распространения получили винтовые отжимные (шнековые) решетки.

Шнековые решетки предназначены для извлечения из производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод средних и мелких отходов с последующей их промывкой, отжимом и транспортированием в мусоросборник.

Преимуществом данного вида оборудования является:

- тонкая механическая очистка сточных вод с удержанием даже таких трудноулавливаемых загрязнений, как волосы – за счет применения перфорированного полотна с мелкими отверстиями;
- наличие функции уплотнения отбросов прямо в решетке исключает необходимость в дополнительном оборудовании для обезвоживания;
- функция отмывки отбросов позволяет сохранить органические соединений в сточных водах, что способствует процессу их дальнейшей биологической очистки;
- надежность работы, благодаря отсутствию большого количества вращающихся деталей: всю работу берет на себя один шнек.



**Рисунок 29 - Шнековая решетка**

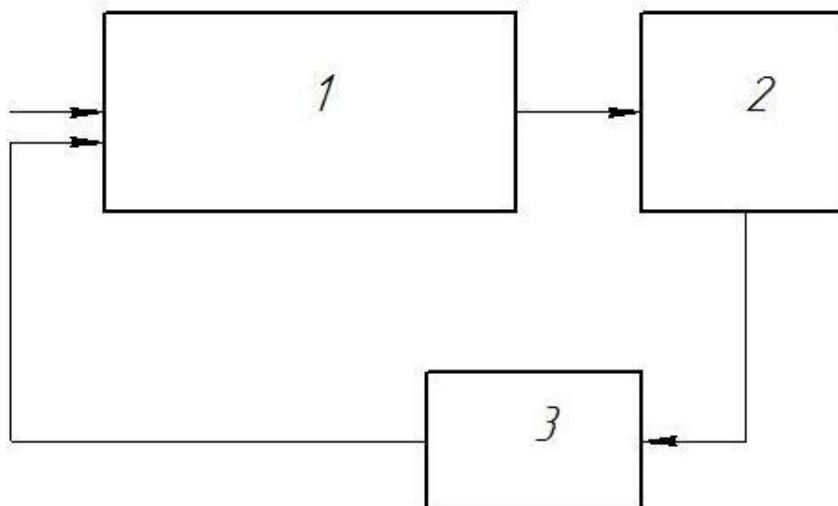
Принцип действия шнековой решетки заключается в прохождении сточных вод через фильтровальное полотно. Отбросы, задержанные на фильтровальном полотне шнековой решетки, снимаются с полотна и перемещаются вверх в корпусе решетки вращающейся спиралью, при этом фильтровальное полотно надежно прочищается с помощью щеток, расположенных по периферии шнека.

Отжим отбросов происходит за счет уменьшения шага витков шнека. В верхней части корпуса отбросы промываются от органических примесей водой из форсунок. Отжатая вода и вода от промывки отбросов по трубопроводу направляется в канал перед решеткой.

Через отверстие в зоне выгрузки промытые и отжатые отбросы сбрасываются в мусороприемник. Периодичность включения зависит от используемой схемы автоматической работы решетки [31].

### **3.2.2 Выбор рациональной схемы для эффективной очистки сточных вод от фосфатов**

Одним из основных методов биологического удаления фосфора является метод с анаэробной обработкой оборотного рециркулируемого активного ила. Использование такой технологии позволяет извлекать фосфаты с эффективностью порядка 90%. В данной системе удаление фосфора происходит с избыточным илом и иловой водой, образующейся в сооружении для анаэробной обработки ила (рис.30).



**Рисунок 30 - Схема биогенного удаления фосфора: 1 - аэротенк; 2 - вторичный отстойник; 3 - сооружение для анаэробной обработки**

Данный метод также предпочтителен с экономической точки зрения, так как требует лишь установки дополнительного небольшого резервуара и перемешивающего устройства [7].

### **3.3 Описание модернизированной схемы очистки сточных вод**

Модернизированная схема очистки сточных вод представлена на рисунке 31.



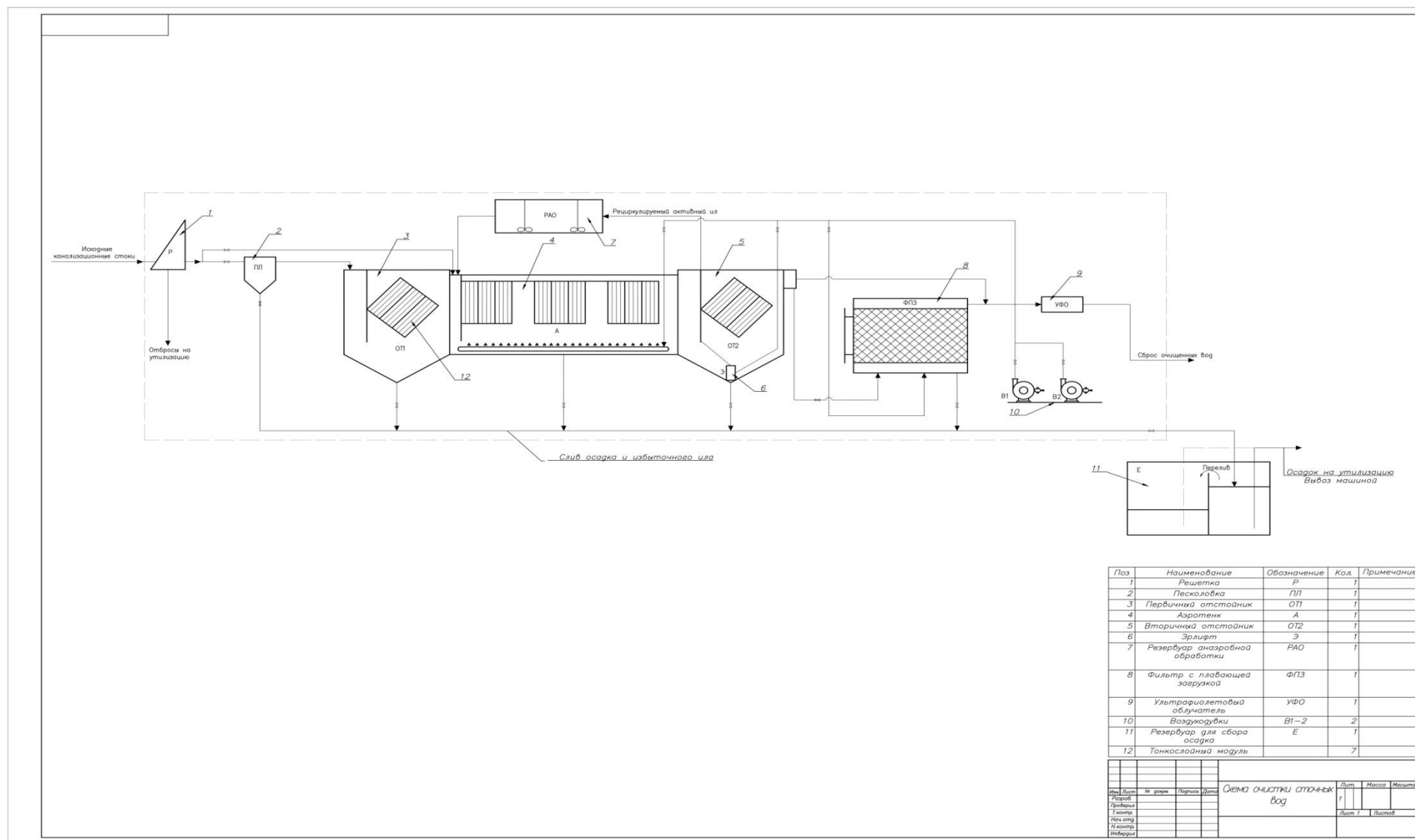


Рисунок 31 - Модернизированная схема очистки сточных вод

Сточные воды поступают в приёмную камеру очистных сооружений, после чего проходят предварительную очистку на решетке РВО. Очищенная от крупных загрязнений вода поступает на тангенциальную песколовку. Далее, очищенная от крупных минеральных взвесей вода, поступает в первичный отстойник для удаления из воды взвешенных веществ. После первичного отстойника вода подаётся в блок биологической очистки - аэротенк. По окончании процесса полной биологической очистки иловая смесь отделяется от очищенной сточной воды во вторичном отстойнике. В отличие от предшествующей схемы, осажженный во вторичном отстойнике, активный ил не рециркулируется в "голову" аэротенка, а поступает в резервуар для анаэробной обработки, после чего направляется в начало аэротенка.

Вода, прошедшая очистку во вторичном отстойнике, подвергается доочистке на фильтре с плавающей загрузкой, после чего обеззараживается и направляется на сброс.

Планируемая концентрация фосфатов после модернизации системы очистки не должна превышать  $\text{ПДК}_{\text{р.х.}} = 0,2 \text{ мг/л}$ .

## **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования мы рассмотрим целевой рынок и проведем его сегментацию.

Сточные воды разнообразны по составу и, следовательно, по своим свойствам.

В зависимости от их происхождения различают три основные категории сточных вод:

- хозяйственно-бытовые;
- производственные;
- атмосферные.

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в жилых, административных и коммунальных (бани, прачечные и т.д.) домах, а также в бытовых помещениях промышленных предприятий. Они содержат физиологические выделения людей, а также хозяйственные отходы: остатки продуктов питания, песок, мыло и моющие средства, ткань, бумага и тому подобное. Особенностью хозяйственно-бытовых сточных вод является относительное постоянство их состава, что обусловлено сходством физиологии человека и его хозяйственной деятельности.

Образование производственных сточных вод происходит в процессе производства тех или иных товаров, продукции, технологических операций и т.д. Качественный и количественный состав таких сточных вод достаточно разнообразен, что в свою очередь зависит от применяемого сырья и технологических процессов.

Атмосферные образуются в процессе выпадения дождей, таяния льда и снега, как на жилой территории, так и на территории различных промышленных предприятий, АЗС и т.д.

Таким образом, сброс сточных вод в систему городской канализации требует их предварительной очистки и регламентируется правилами приёма производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов.

Проведем анализ сегмента для нашей разработки.

		Происхождение сточных вод		
		Хозяйственно-бытовые	Производственные	Атмосферные
Критерии предприятий	Предприятия по производству и добыче			
	Предприятия оказывающие услуги			
	Прочие предприятия			

**Рисунок 32 - Карта сегментации рынка по образованию сточных вод по категориям**

Проанализировав сегментацию рынка, которая представлена на рисунке 32, мы видим наш сегмент предприятий на который будем ориентироваться.

#### **4.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Рассмотрим таблицу 1 по сравнению двух вариантов очистки сточных вод по техническим критериям оценки ресурсоэффективности и экономическим критериям оценки эффективности.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 4, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:  $K_{ВБ} = \sum i \cdot B_i$ , (1) где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Для сравнения мы взяли две схемы очистки сточных вод из моей дипломной работы:

1. Разработка №1 (РН№1) – существующая схема технологической очистки сточных вод на блочно-модульной установке.

2. Разработка №2 (РН№2) – предлагаемая схема комбинированная установка механической очистки сточных вод.

- 1.Производительность технологической установки:

Разработка №1. Среднесуточный расход сточных вод, подлежащих очистке составляет  $2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $60 \text{ м}^3/\text{сут}$ )

Разработка №2. Комбинированная установка механической очистки сточных вод производительность  $100 \text{ м}^3/\text{час}$ . – 2 компл. Производительность 1 комплекта  $50 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Отсюда следует, что производительность Разработки №2 .

2. Потребность в доработки схемы очистки

Разработка №1. Недостатком существующей схемы является не совсем эффективная система грубой механической очистки, в связи с чем сооружения забиваются крупным мусором (листьями, бумагой).

Разработка №2. В данной схеме присутствует этап грубой механической очистки сточных вод.

### 3. Равномерная подача сточных вод в очистное сооружение

Разработка №1 Сточные воды поступают в приёмную камеру КНС, а затем равномерно подаются на установку биологической очистки, расположенную в блок-контейнере.

Разработка №2. Усреднители сточных вод – регулирующая система, позволяющая обеспечить равномерную подачу сточных вод в очистное сооружение.

Таким образом по данному показателю две данные разработки не имеют недостатков.

### 4. Вместительность резервуара

Разработка №1 Объем загрузки -  $600 \text{ м}^3$ .

Разработка №2 Сточные воды осветленные после Комбинированная установка механической очистки сточных вод типа РМТ поступают в усреднительную ёмкость (объём  $600 \text{ м}^3$ ).

5. Скорость работы. Этот показатель на прямую зависит от производительности схемы, следовательно скорость работы Разработки №2 выше чем Разработки №1.

### 6. Надежность

Разработка №1 В технологической схеме предусмотрена байпасная линия, которая в аварийном режиме (кратковременно) позволяет подать сточную воду на период ремонта или профилактики оборудования блока предварительной очистки непосредственно в аэротенк.

*Таблица 4 - Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений*

Критерии оценки	Вес критерия	Балл		Конкурентоспособность	
		РН№1	РН№2	РН№1	РН№2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Производительность установки	0,12	1	4	0,12	0.48
2. Потребность в доработки схемы очистки	0.02	3	5	0,06	0,1
3.Равномерная подача сточных вод в очистное сооружение	0,1	5	5	0.5	0.5
4.Вместительность резервуара	0,05	5	5	0,25	0,25
5.Скоросто работы	0.07	3	5	0,21	0,35
6.Надежность	0,12	4	3	0.48	0.36
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Конкурентоспособность разработки	0,1	3	4	0,3	0.4
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
2.Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	5	0,4	0.5
3.Перспективность внедрения на рынок	0,05	3	5	0,15	0,25
4.Новизна разработки	0,07	3	5	0,21	0,35
5.Финансирование разработки	0,2	2	4	0,4	0.8
Итого	1			3.08	4,34

Из таблицы 4 можно сделать вывод, что по техническим оценкам Разработка №1 уступает Разработке №2. В этом анализе такие критерии равномерность подачи сточных вод в очистное сооружение и вместительность резервуара (т.е. объем), равны по этим двум разработкам.

Рассматривая экономические оценки данных разработок, то из таблицы 4 видно, что Разработка №1 проигрывает предлагаемой разработке №2.

#### **4.1.3 Технология QuaD**

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-

исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений, которые мы рассмотрим на моем предложенном примере.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценку приведу в табличной форме (таблица 5). В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме составляют 1.

*Таблица 5 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений предлагаемой схемы комбинированной установки механической очистки сточных вод*

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1.Энергоэффективность	0,05	70	100	0,7	0,035
2.Оценка конечного результата работы разработки	0,1	80	100	0,8	0,08
3.Надежность технической стороны разработки	0,07	70	100	0,7	0,049
4.Уровень материалоемкости разработки	0,05	50	100	0,5	0,025
5.Безопасность работы разработки	0,15	80	100	0,8	0,12
6.Простота эксплуатации	0,05	90	100	0,9	0,045
7.Ремонтопригодность	0,05	70	100	0,7	0,035
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Конкурентоспособность разработки	0,2	80	100	0,8	0,16
Перспективность разработки	0,1	90	100	0,9	0,09
Цена разработки	0,07	80	100	0,8	0,049
Финансовая эффективность научной разработки	0,11	70	100	0,7	0,077
Итого:					0,765

Перспективность и качество разрабатываемого продукта технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i B_i \quad (1)$$



где  $P_{cp}$  – взвешенное значение показателя перспективности и качества разработанного продукта,  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы),  $B_i$  – взвешенное значение  $i$ -го показателя.

Оценка качества по технологии QuaD равна 1,535 и соответствует перспективному проекту, в который рекомендуется инвестирование.

#### **4.1.4 SWOT-анализ**

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта (разработки).

Он проводится в несколько этапов. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта. Рассмотрим на примере моей предлагаемой Разработки для выявления возможностей и угроз в реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

1. Сильные стороны Разработки предлагаемой схемы комбинированная установка механической очистки сточных вод.

Преимуществом данного вида разработки является:

- увеличение производительности до 100 м<sup>3</sup>/час - 2 установки (1 установка - 50 м<sup>3</sup>/час);

- Модернизированная предлагаемой схемы очистки сточных вод не будет требовать глобальных денежных затрат, сделав более глубокий экономический анализ, посчитав все затраты, проработав схемы частичного внедрения данного оборудования (модернизация существующего оборудования).

- тонкая механическая очистка сточных вод с удержанием даже таких трудноулавливаемых загрязнений, как волосы – за счет применения перфорированного полотна с мелкими отверстиями;

- наличие функции уплотнения отбросов прямо в решетке исключает необходимость в дополнительном оборудовании для обезвоживания;

- функция отмывки отбросов позволяет сохранить органические соединений в сточных водах, что способствует процессу их дальнейшей биологической очистки;

- надежность работы, благодаря отсутствию большого количества вращающихся деталей: всю работу берет на себя один шнек;

- извлечение фосфатов с эффективностью порядка 90%.

## 2. Слабые стороны разработки

Вопрос затрагивающий сторону экологии всегда очень важен, поэтому очистка сточных вод предполагает тщательный подход к выбору очистных систем.

3. Возможности. Проблема охраны окружающей среды на сегодняшний день требует ускоренного внедрения высокоэффективных систем защиты водоемов от загрязнений, этот вопрос я считаю перспективным на сегодняшний день.

Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные объекты и подземные водоносные горизонты является очень распространенной практикой, пагубно влияющей на состояние окружающей среды.

Недостаточная степень очистки сточных вод ограничивает возможности использования их для технического водоснабжения промышленных предприятий и сельскохозяйственных объектов, а загрязнение водоема, в который производится сброс сточных вод, отрицательно сказывается на жизнедеятельности гидробионтов.

Таким образом, важной задачей при проектировании или модернизации очистных сооружений является решение вопросов повышения эффективности работы сооружений по очистке сточных вод, способствующих охране водных источников от загрязнения и истощения

В настоящее время наукой и промышленностью разработано большое количество методов очистки сточных вод. Как правило, выбор того или

иного метода зависит от качественного и количественного состава сточных вод, а также от финансовых возможностей предприятия или населенного пункта. Так, например, механическая очистка способна с достаточно высокой эффективностью очистить сточные воды от взвешенных веществ, однако удаление коллоидных соединений без использования метода физико-химической очистки, коагуляции, не представляется возможным.

Что касается хозяйственно-бытовых сточных вод, то они представляют собой достаточно сложный высококонцентрированный комплекс органических соединений. Как правило, состав хозяйственно бытовых сточных вод представлен крупными механическими загрязнителями (тряпки, ветки, бумага и т.д.), взвешенными веществами и органикой. В зависимости от преобладающих в населенном пункте производств, состав сточных вод может быть также представлен сбрасываемыми ими загрязнителями.

Как правило, очистка хозяйственно-бытовых сточных вод состоит из механической очистки, биологической и в зависимости от способа обеззараживания очищенных сточных вод, химической или физической. Биологическая очистка является важнейшим этапом обработки хозяйственно-бытовых сточных вод и от её эффективности зависит возможность минимизации негативного воздействия антропогенной деятельности на гидросферу.

Таблица 6 - Результаты первого этапа SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны моей разработки:</p> <p>С1. Увеличение производительности 1 установка - 50 м<sup>3</sup>/час. С2. Экономичность модернизации. С3. Тонкая механическая очистка сточных вод. С4. Наличие функции уплотнения отбросов. С5. Функция отмывки отбросов. С6. Необходимое по норме удаления фосфора из поступающих на очистку сточных вод.</p>	<p>Слабые стороны моей разработки:</p> <p>С1. Экономия предприятий на внедрения новых технологий и методов. С2. Использование предприятиями устаревших сооружений.</p>
<p><b>Возможности:</b> В1. Открытость вопроса в направлении экологии. В2. Эффективность данного направления. В3. Появление дополнительного спроса. В4. Использование новых технологий. В5. Возможность модернизации по минимальным затратам.</p>		
<p><b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии из-за высокой цены. У2. Отсутствие своевременного финансирования. У3. Развитие конкуренции по технологическим разработкам.</p>		

В таблице 7 рассмотрим соответствие сильных и слабых сторон разработки внешним условиям окружающей среды.

Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает

слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

*Таблица 7 - Интерактивная матрица разработки*

		Сильные стороны разработки					
Возможности разработки		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	0	-	-	+
	B2	+	-	-	+	0	+
	B3	+	+	+	-	-	+
	B4	+	+	0	0	+	+
	B5	0	+	+	+	+	+

Коррелирующие сильные стороны и возможностей следующего типа: B1C1C2C6; B2C1C4C6; B3C1C2C3C6; B4 C1C2C5C6; B5C2C3C4C5. Каждая из записей представляет собой реализацию разработки.

На третьем этапе составим итоговую матрицу SWOT-анализа, в которой подведем итоги.

*Таблица 8 - Итоговая матрицу SWOT-анализа*

	<b>Сильные стороны моей разработки:</b>	<b>Слабые стороны моей разработки:</b>
	<p>C1. Увеличение производительности 1 установка - 50м<sup>3</sup>/час.</p> <p>C2. Экономичность модернизации.</p> <p>C3. Тонкая механическая очистка сточных вод.</p> <p>C4. Наличие функции уплотнения отбросов.</p> <p>C5. Функция отмывки отбросов.</p> <p>C6. Необходимое по норме удаления фосфора из поступающих на очистку сточных вод.</p>	<p>C1. Экономия предприятий на внедрения новых технологий и методов.</p> <p>C2. Использование предприятиями устаревших сооружений.</p>

Продолжение таблицы 8

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1.Открытость вопроса в направлении экологии.</p> <p>В2.Эффективность данного направления.</p> <p>В3.Появление дополнительного спроса.</p> <p>В4. Использование новых технологий.</p> <p>В5.Возможность модернизации по минимальным затратам.</p>	<p>Результат анализа интерактивной матрицы разработки «Сильные стороны и возможности».</p> <p>На данный момент открытость и эффективность вопроса в направлении увеличения производительности, экономичности модернизации и надежности работы является одним из основных направлений.</p>	<p>Результат анализа интерактивной матрицы разработки «Слабые стороны и возможности».</p> <p>На данный момент остается открытым вопрос о более эффективной процедуре удаления фосфора из сточных вод.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии.</p> <p>У2.Отсутствие своевременного финансирования.</p> <p>У3.Развитие конкуренции по технологическим разработкам.</p>	<p>Результат анализа интерактивной матрицы разработки «Сильные стороны и возможности».</p> <p>На данный момент открытость и эффективность вопроса в направлении увеличения производительности, экономичности модернизации и надежности работы является одним из основных направлений.</p> <p>Возможность в необходимом по норме удаления фосфора из поступающих на очистку сточных вод.</p>	<p>Результат анализа интерактивной матрицы разработки «Слабые стороны и возможности».</p> <p>На данный момент остается открытым вопрос о внедрении новых технологий и методов в замен старых..</p>

## 4.2 Определение возможных альтернатив поведения научных исследований

В данном разделе мы рассмотрим морфологический подход для анализа моей разработки.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей

строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.

Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные объекты и подземные водоносные горизонты является очень распространенной практикой, пагубно влияющей на состояние окружающей среды это одна из основных проблем на сегодняшний день.

Недостаточная степень очистки сточных вод ограничивает возможности использования их для технического водоснабжения промышленных предприятий и сельскохозяйственных объектов, а загрязнение водоема, в который производится сброс сточных вод, отрицательно сказывается на жизнедеятельности гидробионтов.

Таким образом, важной задачей при проектировании или модернизации очистных сооружений является решение вопросов повышения эффективности работы сооружений по очистке сточных вод, способствующих охране водных источников от загрязнения и истощения.

2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования. Для нашей разработки в качестве характеристик выделим следующие: шнековая решетка, насос, денитрификатор, резервуар, анаэробная обработка.

3. Раскроем возможные варианты по каждой характеристике разработки.

*Таблица 9 - Морфологическая матрица для предлагаемой схемы комбинированной установки механической очистки сточных вод*

	1	2	3	4
А.Фильтровальное полотно	шнековая решетка	металлическое изделие	железо	плоскость
Б.Приспособление для циркуляции воды	насос	установка	отдельная емкость	механизм
В.Дополнительная фильтрация	сорбционные фильтры	прибор	цилиндр	овал
Г. Метод удаления фосфатов	анаэробная обработка	биологическое удаление фосфатов	очищение	процесс
Д.Что очищает разработка	вода	жидкость	масса	вещество
Е. Органические вещества	ил	песок	грязь	биомасса
Ж.Окружающая среда	вода	воздух	вакуум	биологический процесс

Вариант решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения может быть

1)А4Б3В4Г3Д4Е4Ж4

2)А2Б4В2Г4Д2Е3Ж3

3)А1Б2В2Г3Д1Е4Ж4

### **4.3 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **4.3.1 - Разработка графика проведения научного исследования**

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научной работы в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором этапы работы по



теме проекта представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 10 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме «Модернизации схемы очистки сточных вод»

№ра бот	Вид работ	Исполнители	Тки, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	руководитель	4	<div></div>													
2	Изучение литературы	дипломник	28	<div></div>	<div></div>	<div></div>											
3	Составление плана работы	дипломник	7			<div></div>											
4	Выбор используемой литературы	дипломник	4				<div></div>										
5	Работа над 1 главой (теория)	дипломник	24				<div></div>	<div></div>	<div></div>								
6	Проверка 1 главы (теории)	Руководитель	4						<div></div>								
7	Доработка 1 главы	дипломник	3						<div></div>								
8	Выбор исследования для 2 главы	руководитель, дипломник	5						<div></div>								
9	Написание 2 главы	дипломник	15							<div></div>	<div></div>						
10	Проверка 2 главы	руководитель	5								<div></div>						
11	Доработка 2 главы	дипломник	7									<div></div>					
12	Анализ 1 и2 главы проекта	дипломник	7										<div></div>				
13	Работа над 3 главой	дипломник	18											<div></div>			



## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Целью данной работы является совершенствование системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия. В результате анализа литературных данных, а также существующей системы очистки была установлена необходимость установки оборудования для обеспечения предварительной грубой механической очистки при помощи решетки для задержания крупных загрязнений; а также модернизация процессы биологической очистки путем установки дополнительного резервуара для проведения процесса анаэробной обработки циркуляционного активного ила.

### 5.1 Производственная безопасность

Анализ опасных и вредных производственных факторов, возникающих в технологическом процессе очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, проведен согласно ГОСТ 12.0.003-74\* [32] и СанПиН 2.2.4.3359-16 [33] в таблице 11.

Таблица 11 - Опасные и вредные производственные факторы

Наименование фактора	Источник возникновения фактора	Нормируемый параметр и его нормативное значение	Нормативный документ, регламентирующий допустимый уровень параметра
Загазованность воздуха рабочей зоны (сероводород, метан)	Отбросы, снимаемые с решеток, азротенк, резервуар анаэробной очистки	- сероводород ПДК <sub>р.з.</sub> =10 мг/м <sup>3</sup> - метан ПДК <sub>р.з.</sub> =7000 мг/м <sup>3</sup>	ГН 2.2.5.1313-03 [34]
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	Очистное оборудование, калорифер	t <sub>х</sub> =17-19°C t <sub>т</sub> =19-21°C φ=60-40% v=0,2 м/с	СНиП 2.04.05-91 [35]

*Продолжение таблицы 11 – Опасные и вредные производственные факторы*

Опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой	Отсутствие или недостаток средств освещения	КЕО=0,3% Е=150-500	СНиП 23-05-95 [36]
Механические	Решетки	Безопасность эксплуатации оборудования	ГОСТ 12.3.002-2014 [37]
Повышенный уровень шума	Насосы, воздуходувки, двигатели приводов решеток	L<80 дБА	СанПиН 2.2.4.3359-16 [33]
Повышенный уровень напряжения 220, 380 В	Насосы, воздуходувки, калорифер, ультрафиолетовый облучатель электродвигатели	U <sub>дот</sub> = 2,0 В; I <sub>до</sub> = 0,3 мА	ГОСТ 12.1.038-82 [38]
Повышенный уровень вибрации	Насосы, воздуходувки	L=100 дБ	СанПиН 2.2.4.3359-16 [33]

Процесс очистки хозяйственно-бытовых сточных вод сопровождается выделением в воздух рабочей зоны сероводорода, углекислого газа и метана.

Сероводород представляет собой бесцветный газ с сильно выраженным запахом тухлых яиц. В небольших концентрациях в воздухе рабочей зоны у рабочих может отмечаться головная боль, слезотечение, светобоязнь, насморк, боли в глазах, снижение воздушной и костной звукопроводимости.

Воздействие 0,7 мг/л в течение 15-30 мин вызывает болезненное раздражение конъюнктивы, тошноту, насморк, тошноту, рвоту, холодный пот, боли при мочеиспускании, одышку, кашель, боли в груди, учащенное сердцебиение, головную боль, ощущение сжатия головы, слабость, головокружение, иногда обморочное состояние.

Вдыхание сероводорода при концентрации 1 мг/м<sup>3</sup> в течение длительного времени может привести к смерти.

При высоких концентрациях в воздухе рабочей зоны метана возможное проявление у человека асфиксии, характеризующееся учащенным пульсом, увеличением объема дыхания, ослаблением внимания. При длительном

пребывании в помещении с повышенными концентрациями метана возможен летальный исход.

Для минимизации негативного воздействия загрязняющих веществ на здоровье работников помещение, в котором расположены очистные сооружения, должно быть обеспечено постоянным действием системы вентиляции.

Используя ГОСТ 12.1.007-76 [39] и ГОСТ 12.1.005-88 [40] устанавливаем класс опасности вещества и их предельно допустимую концентрацию ПДК в воздухе рабочей зоны.

*Таблица 12 - Характеристика загрязняющих веществ*

Наименование загрязнителя	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Сероводород	II	10
Метан	IV	7000

#### **5.1.1 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего**

Метеорологические условия рабочей среды (микроклимат) оказывают влияние на процесс теплообмена и характер работы. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий способствует резкому ухудшению его самочувствия, снижению производительности труда, а также приводит к возникновению и развитию заболеваний.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма и даже к тепловому удару. Низкая температура воздуха, напротив, может вызвать местное или общее охлаждение организма, а также стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Значительное влияние на процессы терморегуляции организма человека оказывает влажность воздуха. Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре она усиливает теплоотдачу с поверхности кожи,

что ведёт к переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек путей работающего.

Подвижность воздуха эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно проявляется при высоких температурах, но отрицательно низких.

Метеорологические условия в производственных помещениях выбраны в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 [40] и СанПиН 2.2.4.3359-16 [33] с учетом энергозатрат организма на выполнении работ и периода года. Выбираем допустимые параметры микроклимата, приведенные в таблице 13. Исходя из обязанностей оператора очистных сооружений, категория работ согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 [33] устанавливается Пб.

*Таблица 13 - Оптимальные величины параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений*

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Пб	17-19	60-40	0,2
Тёплый		19-21	60-40	0,2

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года приведены в таблице 14.

*Таблица 14 - Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений*

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура, воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных	диапазон ниже оптимальных		для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Пб	15,0-16,9	19,1-22,0	15-75	0,2	0,4
Тёплый		16,0-18,9	21,1-27,0	15-75	0,2	0,5

Для обеспечения нормализации параметров микроклимата предусмотрены следующие мероприятия: теплоизоляция поверхностей аппаратов и трубопроводов, имеющих высокую температуру, герметизация технологического оборудования, вентиляция и отопление в холодный период года в соответствии со СНиП 2.04.05-91 [35].

### **5.1.2 Опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой**

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, а также на состояние психофизиологических факторов. Также отсутствие естественного света может привести к явлению «светового голодания» - своеобразному состоянию организма, обусловленному дефицитом ультрафиолетового облучения и проявляющемуся в нарушении обмена веществ и снижении резистентности организма.

В помещении, где проводится технологический процесс очистки сточных вод, а также помещение, в котором расположено рабочее место оператора в светлое время суток предусмотрено естественное освещение, в темное время - искусственное. Естественное освещение - боковое, двустороннее, через боковые проемы в наружных стенах помещения.

При проведении процесса очистки сточных вод оператор должен осуществлять контроль за работой КИП и А. Таким образом, характеристика зрительной работы представляет собой общее наблюдение за ходом производственного процесса с разрядом зрительных работ - VIII.

Таким образом, нормированное значение КЕО при боковом освещении составляет 0,3%; значение освещенности  $E=150-500$  лк.

Для общего и местного освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 К до 6800 К. Интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320-400 нм не должна превышать  $0,03 \text{ Вт/м}^2$ . Наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается.

### **5.1.3 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей**

Вибрация в большей или меньшей степени может временно активизировать или постоянно подавлять определенные психические процессы организма человека. Физиопатологические последствия могут проявляться в форме нарушения функции зрения, вестибулярного аппарата, координирующей функции коры головного мозга, нервной или пищеварительной системы, системы кровообращения.

Значительные уровни вибрации в диапазоне частот 4-10 Гц могут приводить к проявлению у человека болевых ощущений, а также к дискомфорту, что связано с резонансными колебаниями системы «грудь-живот». Резонансы головы могут привести к снижению остроты зрения из-за смещения изображения объекта относительно сетчатки глаза, а также вызывать возрастание ошибок оператора.

Особо опасными являются вибрации с частотой, совпадающей с собственной частотой внутренних органов человеческого организма - 6-9 Гц. Такие вибрации могут вызвать механическое повреждение или даже разрыв этих органов.

Нижний уровень толерантности по отношению к вибрации наблюдается при частоте 5 Гц: при этой частоте резонанс отдельных органов тела наиболее интенсивен. Наибольшее нарушение остроты зрения наблюдается при воздействии вибрации в диапазоне частот 10-25 Гц. Наиболее серьезные нарушения двигательных функций отмечены при вибрациях ниже 5 Гц.

Вибрация не только ухудшает самочувствие человека и снижает производительность труда в среднем на 10-15%, но и очень часто приводит к профессиональным заболеваниям (костно-суставным поражениям, виброболезни). Эффективное лечение профзаболеваний возможно только на ранних стадиях, причем восстановление нарушений органов происходит



крайне медленно, а в особо тяжелых случаях в организме наступают необратимые изменения, приводящие к инвалидности.

Воздействие сильного шума может способствовать возникновению акустической травмы (острой и хронической). Возникновению острой акустической травмы способствует образование и преобладание резких звуков большой силы, что в свою очередь может привести к разрыву барабанной перепонки, боли в ухе и другим опасным последствиям при 145 дБА. Гораздо чаще встречается хроническая акустическая травма. Её развитию способствует преобладание в помещении шума выше допустимого, но в целом кажущегося терпимым. Долгое постоянное пребывание в таком помещении приводит к притуплению слуха, в виду того, что органы слуха подвержены действию фактора утомления.

Основными источниками шума и вибрации в помещении, где проводится технологический процесс очистки сточных вод, насосное и воздуходувное оборудование. Согласно ГОСТ 12.1.003-83\* [41] допустимый уровень шума в производственном помещении - не более 80 дБА.

Если уровень шума превышает допустимый, то проводят мероприятия по его нормализации:

- улучшение уровня эксплуатации материалов;
- использование демпфирующих материалов;
- звукоизоляция установки кожухами.

Насосы и воздуходувки, применяемые в процессе очистки сточных вод вызывают определенные механические колебания, однако на тело человека они не передаются, т.к. отсутствует контакт с ними в процессе рабочей смены. Гигиеническое нормирование вибрации проводят по ГОСТ 12.1.012-2004 [42].

С целью профилактики виброшумового заболевания насосы и воздуходувки предпочтительно закреплять на пружинах-виброизоляторах.

#### **5.1.4 Электробезопасность**

В отношении опасности поражения людей электрическим током производственное помещение относится к помещениям без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность согласно ПУЭ 2009 [43].

Оборудование, применяемое в производственном процессе относится к классу II - оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции.

К персоналу, работающему на производстве должны предъявляться следующие требования:

- возраст - с 18 лет;
- группа допуска по электробезопасности - II:

1) Элементарные технические знания об электроустановке и ее оборудовании.

2) Отчетливое представление об опасности электрического тока, опасности приближения к токоведущим частям.

3) Знание основных мер предосторожности при работе в электроустановках.

4) Практические навыки оказания первой помощи пострадавшим.

Персонал не имеющий или со средним специальным образованием допуск к работе положен после 72 часовой программы обучения.

Мероприятия нормализации электробезопасности:

- контроль и профилактика повреждений изоляции;
- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, достигаемые защитным заземлением, занулением, защитным отключением.
- организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Для обеспечения защиты рабочих от поражения электрическим током и защиты электрооборудования и установок от напряжения применяются

заземления оборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.030-81 [44].

### **5.1.5 Пожарная безопасность**

Согласно документам СП 12.13130.2009 [45] рабочее помещение по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 [46] пожарная безопасность обеспечивается системами предотвращения пожара и противопожарной безопасности, а также организационно-техническими мероприятиями.

Размещение первичных средств пожаротушения в производственных зданиях и на территории предприятия обеспечивается за счёт установки специальных пожарных щитов с набором: пенных огнетушителей - 2, углекислотных огнетушителей - 1, ящиков с песком - 1, плотного полотна (асбест, войлок) - 1, ломов - 2, багров - 3, топоров - 2.

Установка пожарных щитов должна производиться на видных и легкодоступных местах, как можно ближе к выходам из помещений. Территории предприятий обеспечиваются пожарными щитами (из расчета один щит на площадь до 500 м).

Мероприятия системы предотвращения пожара:

- 1) применение негорючих веществ;
- 2) ограничение количества горючих веществ и их размещения;
- 3) противопожарные разрывы между зданиями;
- 4) периодическая очистка помещений и территорий;
- 5) изоляция горючих веществ.

Предусмотрено наличие внутреннего и наружного водопровода с пожарными кранами, для сообщения о пожаре - электрическая пожарная сигнализация и телефонная связь.

Для предотвращения пожара используют первичные средства пожаротушения - переносной порошковый огнетушитель ОП-5 - 2 шт., а также ящик с песком, лопату, щит, согласно ППБ 01-03.

## **5.2 Экологическая безопасность**

Технологический процесс очистки хозяйственно-бытовых сточных вод может сопровождаться выделением в окружающую среду газообразных веществ, таких как сероводород, углекислый газ и метан.

Как правило, концентрации, в которых образуются данные вещества не требуют установки какого-либо очистного оборудования.

Помимо образования газообразных веществ, процесс очистки сточных вод сопровождается образованием отходов - в виде осадков сточных вод, накапливающихся в специальном резервуаре.

Бактериальная зараженность и наличие органических веществ, способных быстро гнить с выделением неприятных запахов, в значительных объемах осадков являются источником загрязнения атмосферы.

При полном заполнении резервуара для сбора осадков, их вывозят на утилизацию.

## **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Процессы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод не относятся к взрывопожароопасным и химически опасным производствам.

Среди возможных чрезвычайных ситуаций следует отметить возможность возникновения пожара вследствие неисправности в электрических сетях.

Правила пожарной безопасности устанавливают общие требования пожарной безопасности на территории Российской Федерации и являются обязательными для исполнения всеми предприятиями, учреждениями и организациями (независимо от форм собственности, вида деятельности и ведомственной принадлежности), их работниками, а также гражданами.

Для уменьшения опасности возникновения и распространения пожаров большое значение имеет грамотное устройство и расположение помещений и выходов из них. Обязательным является наличие вентиляции, так как при ее

отсутствии в случае возгорания будет сильное задымление помещений, что затруднит борьбу с пожаром. Обязательно наличие оповещающей пожарной сигнализации в производственном помещении (на данном этапе сигнализация не установлена). Помещение, в котором расположены очистные сооружения должно быть оснащено средствами пожаротушения. В случае возникновения пожара из помещения должна быть обеспечена быстрая эвакуация работников.

Пожарную опасность представляет электрическое оборудование в случае перегрузки или короткого замыкания. Для предотвращения этого должен быть проведен правильный монтаж сетей и агрегатов, а их эксплуатация должна обеспечиваться в соответствии с правилами их эксплуатации.

Для предупреждения рабочих об опасности поражения электрическим током используют знаки: "Стоять - опасно для жизни", "Не влезай - убьет".

При обнаружении очага возгорания или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) оператор очистных сооружений должен: незамедлительно сообщить об этом по телефону «01» или «010» (для мобильной связи). При этом назвать наименование объекта, место пожара, а также свою фамилию; принять меры по эвакуации людей (согласно плану эвакуации, изображенному на рис. 33), тушению пожара и сохранности материальных ценностей.

## *План эвакуации из помещения очистных сооружений*



**Рисунок 33 - План эвакуации при пожаре**

### **5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Трудовые отношения с операторами очистных сооружений должны регламентироваться "Трудовым кодексом Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) [47].

К работе на биологических очистных сооружениях допускаются лица, прошедшие подготовку и проверку теоретических знаний, практических навыков, правил техники безопасности и пожарной безопасности при работе на установке.

Для обслуживания очистных сооружений в течение рабочей смены нужен 1 работник (оператор). Количество смен - 3.

Оператор, работающий на установке, обязан изучить инструкцию по эксплуатации биологических очистных сооружений, паспорта и инструкции на технологическое оборудование.

Согласно Федеральному закону от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 01.05.2016) "О специальной оценке условий труда" условия труда на производстве классифицируются как оптимальные (1 класс) [48].

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса. Рабочее место является основной подсистемой производственного процесса:

1) Рабочее место должно обеспечивать максимальную надежность и эффективность работы.

2) Рабочее пространство должно быть достаточным, позволять осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и обслуживании оборудования.

3) В рабочем пространстве должна быть «зона свободной досягаемости», то есть участок, на котором сконцентрировано все оборудование: инструменты, материалы, приспособления, которыми приходится часто пользоваться.

Персонал, обслуживающий установку очистных сооружений должен пройти инструктаж по технике безопасности, курсовое обучение и проверку знаний настоящих правил в виде экзамена. Проверка знаний проводится ежегодно. Результаты проверки знаний регистрируются в специальных журналах. Персонал, связанный с обслуживанием электрооборудования обязан пройти обучение и сдать экзамен на присвоение им соответствующей квалификационной группы по электробезопасности.

Также персонал должен проходить медицинский осмотр при поступлении на работу, а также периодически в процессе работы. Работающим должны быть сделаны прививки в соответствии с требованиями санитарных органов (против брюшного тифа, паратифа А и В, дизентерии и т.д.). К работе, связанной с соприкосновением со сточной водой, не допускаются рабочие, имеющие ссадины, порезы и царапины на руках.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проблема охраны окружающей среды и в частности гидросферы в настоящее время во многом связана с использованием неэффективных методов очистки сточных вод или же с полнейшим отсутствием их очистки. Это в свою очередь приводит к тому, что с каждым годом в мире сокращается количество водоёмов пригодных для хозяйственно-питьевых и культурно-бытового назначения. Помимо этого, сброс загрязнённых сточных вод приводит к деградации природных гидросистем и исчезновению многих видов гидробионтов, в связи с чрезмерным поступлением и накоплением загрязняющих веществ.

Таким образом, поиск рациональных методов очистки сточных вод, обеспечивающих удаление абсолютно всех загрязняющих веществ должен быть сегодня одной из приоритетных задач всего мира.

В ходе выполнения работы был проведен анализ существующих на сегодняшний день способов очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Проанализировав существующие очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод золотодобывающего предприятия было установлено, что их основной проблемой является отсутствие предварительной грубой механической очистки, что приводит к забиванию трубопроводов сооружений очистки, а также неэффективная очистка от соединений фосфора. В связи с этим было решено оборудовать существующую схему решеткой для очистки сточных вод от крупных загрязнений, а также реактором анаэробной очистки для обеспечения более эффективной очистки сточных вод от фосфатов.

Экономический анализ предлагаемой разработки позволил установить её эффективность. Так, например, установка решеток позволит предотвратить частый ремонт оборудования, связанные с его забиванием.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токовой, О. К. Экология для инженеров, Учебное пособие. Челябинск, изд. ЮУрГУ, 2015 - 230 с.
2. Семенова И. В. Промышленная экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. В. Семенова. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 528 с.
3. Гудков А. Г. Механическая очистка сточных вод. Учебное пособие. - Вологда: ВоГТУ, 2003 г. – 152 с.
4. Исаева А.М., Николаева С.Н., Малютина Т.В., Хазов С.Н. Биологическая очистка. Аэротенки: Учебное пособие / - Пенза: ПГУАС, 2004. -133 с.
5. Родионов, А.И. Технологические процессы экологической безопасности. (Основы энвайронменталистики): Учебник для вузов/ А.И.Родионов. В.Н.Клушин. В.Г.Систер - 3-е изд., перераб. и доп.- Калуга:Издательство Н.Бочкаревой. 2000.- 800 с.
6. Барабаш Н. В. Биохимические методы очистки сточных вод, Учебное пособие, Ставрополь, СКФУ, 2015 - 98 с.
7. Айрапетян С. Конспект лекций по дисциплине «Спецкурс по очистке сточных вод», Харьков, 2014. - 91 с.
8. Тимонин А.С. инженерно-экологический справочник. Т.2. – Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 2003. – 884 с.
- 9 . Рехтин, А.Ф. Проектирование сооружений для очистки сточных вод [Текст] : учебное пособие / А.Ф. Рехтин, Е.Ю. Курочкин, Б.П. Лашкинский. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2016. – 314 с.
10. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. "Водоотведение и очистка сточных вод".Москва: Ассоциации строительных вузов, 2004. -704 с.
11. Кагасов В. М. Дербышева Е. К. Очистка сточных вод коксохимических предприятий. - Екатеринбург: Полиграфист, 2003. — 189 с.

12. Комарова, Л. Ф. Использование воды на предприятиях и очистка сточных вод в различных отраслях промышленности: учебное пособие / Л. Ф. Комарова, М. А. Полетаева. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 174 с.
13. Василенко Л.В., Никифоров А.Ф., Лобухина Т.В. Методы очистки промышленных сточных вод: учеб. пособие. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. университет, 2009. - 174 с.
14. Лапицкая М.П. Очистка сточных вод (примеры расчетов). [Учеб. пособие для вузов по спец. "Водоснабжение и канализация" / М.П.Лапицкая, Л.И.Зуева, Н.М.Балаескул, Л.В.Кулешова]. - Мн.: Выш. школа, 1983. - 255 с.
15. Яковлев С.В., Карелин Я.А. Канализация. Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1975. 632 с.
16. Долина Л. Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов: Монография. - Днепропетровск: Континент, 2011 - 198с.
17. Пугачев Е.А. Водоотведение поверхностного стока современных мегаполисов: Монография. – М.: Издательство АСВ, 2013. – 96 с.
18. Чуянов Г.Г. Хвостохранилища и очистка сточных вод/ Учебное пособие/ Екатеринбург, изд. УГГТА, 1998. —246 с.
19. Шатихина Т.А. Проектирование сооружений по очистке сточных вод // Учебное пособие. — Ростов н/Д.: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2003. — 79 с.
20. Душкин С.С., Коваленко А.Н., Дегтярь М.В., Шевченко Т.А. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод/ Монография. — Х. : ХНАГХ, 2011. — 146 с.
21. Сартакова О.Ю., Горелова О.М.. Чистая вода: традиции и новации: Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во Алт ГТУ, 2002. - 178 с.
22. Фомина Е.Ю., Чмаркова Г.М. Технологии очистки сточных вод и обезвреживания шламов / Учебное пособие. — Иркутск: ИрГТУ, 2009. — 155 с.

23. Бусарев А.В., Селюгин А.С., Урмитова Н.С. Очистка сточных вод и обработка осадков / Лабораторный практикум. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.- строит. ун-та, 2014. – 63 с.
24. Штриплинг Л.О., Туренко Ф.П., Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов / Учеб. пособие.– Омск: ОмГТУ, 2005. – 192 с.
25. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / Волгоград: изд-во «Панорама», 2015. – 433 с
26. Хенце М. и др. Очистка сточных вод / М.: Мир, 2008. — 471 с.
27. Мешенгиссер Ю.М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод / М.: Вокруг цвета, 2012.
28. Самойлов В.С., Левадный В.С. Дренаж и очистка сточных вод / М.: Аделант, 2009. — 288 с.
29. Луканин А.В. Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод / М.: Университет машиностроения, 2014. – 244 с.
30. Николайкин Н.И. Экология. Учебник для вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелихова - 3-е изд. - М.: Дрофа, 2004. - 624с.
31. Электронный ресурс: <https://ekoton.com>
32. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
33. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"
34. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (утратило силу с 04.05.2018 на основании постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 N 25)
35. СНиП 2.04.05-91\*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование
36. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
37. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности

38. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений  
прикосновения и токов
39. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
40. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
41. ГОСТ 12.1.003-83. ОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие  
требования безопасности
42. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда  
(ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
43. ПУЭ 2009
44. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
45. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и  
наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
46. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие  
требования
47. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ  
(ред. от 05.02.2018)
48. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 01.05.2016) "О  
специальной оценке условий труда"